

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Manfredo Frederico Felipe Hoppe

MODELAGEM DA INFORMAÇÃO:
Arquitetura, urbanismo e meio ambiente

Belo Horizonte

2022

Manfredo Frederico Felipe Hoppe

**MODELAGEM DA INFORMAÇÃO:
Arquitetura, urbanismo e meio ambiente**

Versão final

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo, na área de concentração Teoria, Produção e Experiência do espaço.

Orientador: Renato César Ferreira de Souza

Belo Horizonte

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

H798m Hoppe, Manfredo Frederico Felipe.
Modelagem da informação [manuscrito] : arquitetura, urbanismo e meio ambiente / Manfredo Frederico Felipe Hoppe. – 2022.
234 f. : il.

Orientador: Renato Cesar Ferreira de Souza.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Modelagem de informações - Teses. 2. Arquitetura - Teses. 3. Planejamento urbano – Teses. 4. Epistemologia - Teses. 5. Fenomenologia – Teses. 6. Tecnologia da informação - Teses. I. Souza, Renato Cesar Ferreira de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.105



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Modelagem da informação: Arquitetura, urbanismo e meio ambiente

MANFREDO FREDERICO FELIPE HOPPE

Tese submetida à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG como requisito para obtenção do grau de Doutor em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração: Teoria, produção e experiência do espaço.

Aprovada em 30 de julho de 2022, pela Comissão constituída pelos membros:

Renato Cesar Ferreira
de Souza:60984279687

Digitally signed by Renato Cesar
Ferreira de Souza:60984279687
Date: 2022.08.08 15:22:39 -03'00'

Prof. Dr. – Renato César Ferreira de Souza - Orientador
EA-UFMG

Profa. Dra. Cynara Fiedler Bremer
EA-UFMG

Waleska Teixeira Caiaffa

Assinado de forma digital por Waleska Teixeira Caiaffa
DN: cn=Waleska Teixeira Caiaffa, ou=UFMG, ou=UFMG,
email=caiaffa.waleska@gmail.com, c=BR
Dados: 2022.08.02 16:47:24 -03'00'

Profa. Dra. Waleska Teixeira Caiaffa
Faculdade de Medicina-UFMG

Profa. Dra. Hersília de Andrade e Santos
CEFET-MG

FABIANO
ALCISIO E
SILVA-036809
78626

Assinado de forma
digital por FABIANO
ALCISIO E
SILVA-03680978626
Dados: 2022.08.02
16:52:00 -03'00'

Prof. Dr. Fabiano Alcísio e Silva
PUC MG

Prof. Dr. Newton Pimentel de Uihôa Barbosa
UNI-BH

Belo Horizonte, 30 de julho de 2022.

Aos meus pais, Manfredo Hoppe e Rachel
Gonzales, a meus irmãos e amigos pelo apoio
incondicional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por sempre me cercar de pessoas especiais e possibilitar essa grande transformação e crescimento, não apenas profissional, mas sobretudo pessoal.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Ph.D. Renato Cesar, pela confiança, pela paciência e por me permitir trilhar um caminho que até então era desconhecido. Sem sua assistência e envolvimento este projeto nunca teria sido realizado.

Obrigado aos meus mestres, professores e componentes da banca, pela educação e ensinamentos passados no decorrer de todos os anos de estudos. Não poderia deixar de citar, em ordem alfabética, grandes exemplos que tive e admiro, como os professores Álvaro José Paiva de Almeida, Cristina Guimarães, Cynara Fiedler Bremer, Daniele Nunes Caetano de Sá, Eduardo Cabaleiro, Grace Cristina Roel Gutierrez, Hersília de Andrade e Santos, Marcos Oliveira de Paula, Maria Inês Lage de Paula, Maria Cristina Ramos de Carvalho, Mauro Geraldi Rodrigues, Rejane Magiag Loura, Sofia Araújo Lima Bessa, Tede Márcio Veloso, Vanessa Brasileiro e ao professor Victor Junqueira Carvalho.

Agradeço a meus amigos e companheiros, e aproveito para pedir desculpas por constantemente me ausentar por ter que me dedicar aos estudos e ao trabalho. Em especial cito o Adriano Ferreira, Antônio Santiago, Daniela Fajardo, Edméa Silva, Igor Santiago, Ingrid Ribeiro, Isabele Massula, Jader Barroso, Joseph Carvalho, Junior Ferreira, Júlio Henrique, Leonardo Silva, Leonardo Massula, Lucas Martins, Luiz Gustavo Ferreira de Souza, Luiz Carlos Lopes, Maria Luísa Antunes, Manuela Wittmann, Marco Túlio Ferreira de Souza, Marisol Massula, Miguel Fariña, Paula Pacheco, Paulo Henrique Maciel Barbosa e o Wesley Pereira.

Por último, nada disso poderia ter acontecido sem a minha família. Para meus pais, Manfredo Hoppe e Rachel Gonzales, que souberam me passar valores de vida, contribuindo para que eu me tornasse uma pessoa melhor a cada dia, e a meus irmãos Samantha Hoppe, Thabata Hoppe, Erich Hoppe, Marina Jabbur, Mariana Jabbur e Jorge Jabbur. Esta tese é uma prova do amor e incentivo que vocês me deram ao longo dos anos.

RESUMO

Modelos são narrativas de informações que explicam fenômenos por meio de um sistema, ou seja, um conjunto de partes coordenadas para atingir um conjunto de objetivos diversos, compreendê-los e controlá-los. Modelos, informações e narrativas guardam características comuns entre si, mas são coisas distintas. As informações não são transmissíveis. As pessoas têm contato com a informação e tentam narrá-la aos demais. Quando a narrativa é aceita por um grupo, passa a ser componente de um modelo. Os modelos podem ser questionados por que as narrativas que os compõem podem se tornar pouco significativas para a coletividade. Compreender os erros de modelos é importante para permitir buscar uma maior precisão na descrição de fenômenos. Há muito a Ciência tem usado modelos na concepção intelectual tentando descrever os fenômenos observados e auxiliar no desenvolvimento da sociedade, porém a complexidade do viver aumentou devido o surgimento de novas atividades, que geraram novos problemas, e passaram a fazer parte do cotidiano. O avanço das tecnologias e teorias nos séculos XX e XXI geraram inquietações e questionamentos e talvez as epistemologias adotadas não sejam suficientes para modelar fenômenos complexos (com múltiplas variáveis) Emergentes e Autopoiéticos (capazes de se autorregular), pois parece existir um conflito entre o enquadramento teórico adotado para a elaboração de modelos da realidade e a falibilidade preditiva destes modelos. A intenção da construção desta tese é tentar propor um avanço na visão epistemológica que envolve a modelagem da informação para que essa visão seja capaz de demonstrar como ela pode ser utilizada como ferramental na compreensão de fenômenos (na Arquitetura, no Urbanismo, na Saúde Urbana e no Meio ambiente) elucidando características estruturais da modelagem, os componentes dos sistemas formados e a capacidade preditiva dos modelos. Isso foi obtido por meio da metodologia de estudo de casos, que buscaram evidenciar a análise dos modelos de informação complexos, elaborados através da composição de um quadro de conhecimentos que compreendeu os pensamentos de Karl Popper, a Teoria Geral dos Sistemas, a Autopoiese, a Emergência, a Teoria da Complexidade e os Grafos. Desta forma foi elaborado a síntese de um quadro de pesquisa com características sistêmicas denominado Concretude da Modelagem, que foi validada após ser aplicada em quatro estudos de casos.

Palavras-chave: Epistemologia, Fenomenologia, Modelos, Saúde do espaço urbano, Tecnologia da informação.

ABSTRACT

Models are narratives of information that explain phenomena through a system, that means, a set of coordinated parts to achieve a set of diverse goals, understanding and controlling them. Models, information, and narratives have common characteristics, but they are different things. The information is not transferable. People come in contact with information and try to tell others about it. When the narrative is accepted by a group, it becomes a component of a model. The models can be questioned because the narratives that compose them can become with little significance for the collectivity. Understanding model errors is important to allow for greater precision in the description of phenomena. Science has used models for the intellectual conception for a long time, trying to describe the observed phenomena and helping in the development of society, but the complexity of living has increased. Due to the emergence of new activities, which have generated new problems, science have become part of everyday life. The advance of technologies and theories in the 20th and 21st centuries generated concerns and questions and, perhaps epistemologies adopted, that are not enabled to model complex phenomena (with multiple variables), emerging and autopoietic systems (capable of self-regulation). That demonstrated that seems to be a conflict between the theoretical framework adopted for the elaboration of models of reality and the predictive fallibility of these models. The intention of the construction of this thesis is to try to purpose an advance in the epistemological vision that is related the modeling of information so that this vision will be able to demonstrate how it can be used as a tool to understand phenomena (in Architecture, in Urbanism, in Urban Health and in the Environment) elucidating structural characteristics of the modeling, the components of the formed systems and the predictive capacity of the models. This was obtained with the methodology of case studies that seems to highlight the analysis of complex information models elaborated through the composition of a framework of knowledge that comprised the thoughts of Karl Popper - the General Theory of Systems -, Autopoiesis, Emergence, Complexity Theory and Graphs. Therefore, the synthesis of a research framework with systemic characteristics called Modeling Concreteness was elaborated, which was validated after being applied in four case studies.

Keywords: Epistemology, phenomenology, Models, Health of urban space, Information technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Domínios linguísticos nas interações de um sistema com outros sistemas e com o ambiente.	28
Figura 2: Imagem espacial feita pela NASA, com o uso do Telescópio Hubble, de um aglomerado de estrelas localizado em uma área espacial conhecida como Gum 29.....	30
Figura 3: Acelerador de partícula Brasileiro (Sirius)	32
Figura 4: Processo descrito por Woolgar	35
Figura 5: Ramos epistemológicos e sua evolução.	37
Figura 6: Representação lúdica da estrutura da cidade Emergente.	40
Figura 7: Um hipotético grafo da realidade.....	46
Figura 8: Sequência geral (resumo) da episteme proposta (Concretude da Modelagem).	57
Figura 9: Sequência geral (resumo) de desenvolvimento e aplicação da pesquisa	58
Figura 10: Representação de curva paramétrica no espaço em 3D e curva paramétrica.....	61
Figura 11: Programação paramétrica no software Rhinoceros e plug-in Grasshopper	62
Figura 12: Heydar Aliyev Centre, por Zaha Hadid	63
Figura 13: Família paramétrica para BIM e elemento paramétrico isolado	64
Figura 14: Diagrama representando o nível de integração e implementação dos <i>software</i> em diferentes níveis de complexidade projetuais	64
Figura 15: Modelagem por comportamento	66
Figura 16: Planta do pavimento tipo do Edifício Erna Hoppe	67
Figura 17: Base topográfica do Edifício Erna Hoppe.....	68
Figura 18: Sequência de desenvolvimento e aplicação da pesquisa do estudo de caso 01	69
Figura 19: Topografia modelada e curvas de nível posicionadas.....	70
Figura 20: Representação do pavimento tipo e representação do modelo 3D.....	70
Figura 21: Duplicação de elementos e representação de pavimento	71
Figura 22: União incorreta entre elementos e sua correção.....	72
Figura 23: Unidade habitacional decorada e detalhamento de esquadria.....	73
Figura 24: Detalhe da caixa de escada.....	73
Figura 25: Imagem da fachada frontal do Edifício Erna Hoppe renderizada	74
Figura 26: Imagem interna do Edifício Erna Hoppe renderizada.....	74
Figura 27: Quantitativo de portas do Edifício Erna Hoppe	75
Figura 28: Quantitativo de telhado do Edifício Erna Hoppe	75

Figura 29: Áreas dos ambientes por unidade.....	75
Figura 30: Estercos e animais mortos sobre as ruas das cidades europeias e americanas.....	79
Figura 31: Pandemia da gripe espanhola no Brasil	82
Figura 32: Distribuição da dengue e da febre amarela pelo mundo	83
Figura 33: Ciclo reprodutivo do mosquito <i>Aedes aegypti</i>	84
Figura 34: Pontos georreferenciados no espaço	88
Figura 35: Sobreposição de fotos e formação do ortomosaico.....	88
Figura 36: Mavic 2 Enterprise Dual e imagem feita pela sua Câmera Termal	90
Figura 37: Sequência de desenvolvimento e aplicação da pesquisa do estudo de caso 02	91
Figura 38: Escola Governador Milton Campos em 1954 (esquerda) e em 2021 (direita).....	93
Figura 39: Imagem em alta resolução (esquerda). Imagem termal (centro). Imagem do modelo 3D (direita).	95
Figura 40: Ortomosaico de área de estudo	96
Figura 41: Ortomosaico de alta resolução - voo a 60 metros	97
Figura 42: Ampliação do telhado (esquerda) e ampliação da rua (direita)	98
Figura 43: Ampliação da caixa de água da escola (esquerda). Medição da área das poças de água (direita).....	98
Figura 44: Mapa de altimetria por portos (esquerda) e mapa de altimetria texturizada (direita)	99
Figura 45: Geração de nuvem de pontos no Metashape.....	99
Figura 46: Modelo 3D da área de estudo do caso 02	100
Figura 47: Poças de água e o cálculo das áreas das poças.....	101
Figura 48: Imagem termal (direita) e modelo 3D - superfície da água destacada.....	101
Figura 49: Locais onde foram encontrados água acumulada - risco de focos de vetores de arboviroses.....	102
Figura 50: Evolução de óbitos em 29 semanas epidemiológicas para a cidade de Belo Horizonte	109
Figura 51: Sobreposição de dados secundários	111
Figura 52: Índice de mobilidade ativa	111
Figura 53: Esquematização do método.....	112
Figura 54: Krigagem da mobilidade ativa	113
Figura 55: Comparação do resultado do experimento com Internações e óbitos da SE 1 a SE 31 (28/07/20).	114
Figura 56: Centralidade por intermediação e localização das paradas de ônibus atuais	116

Figura 57: Análise de redes em direção às unidades básicas de saúde.....	116
Figura 58: Embarcações	120
Figura 59: Ilha flutuante de Uros e seus habitantes.....	121
Figura 60: Raiz flutuante da totora.....	121
Figura 61: Exposição dos artesanatos e foto do " senhor" Unay, líder local.....	122
Figura 62: Resumo da sequência de desenvolvimento e aplicação da pesquisa do estudo de caso 04.....	125
Figura 63: Peixes capturados no lago (esquerda), ovos de patos (centro) e totora descascada (direita).....	127
Figura 64: Plataforma da ilha	128
Figura 65: Elevação da base da edificação e estrutura de madeira interna	129
Figura 66: Praça central.....	129
Figura 67: Detalhe das embarcações locais.....	130
Figura 68: <i>Thumbnails</i> em GIS - Resumo dos mapas disponíveis no Anexo B (p.162).....	133
Figura 69: Modelo para o Caso 04.	134
Figura 70: Modelo da Topografia.....	134
Figura 71: Planta Pavimento inferior do colégio Governador Milton Campos.....	161
Figura 72: Planta Pavimento superior do colégio Governador Milton Campos	161
Figura 73: Cortes do Colégio Governador Milton Campos	162
Figura 74: Croquis do auditório do colégio Governador Milton Campos.....	162
Figura 75: Mapa político administrativo	163
Figura 76: Mapa das estações meteorológicas	164
Figura 77: Mapa das unidades hidrográficas.....	165
Figura 78: Mapa da localização dos pontos de captação de água	166
Figura 79: Mapa das indústrias contaminantes	167
Figura 80: Mapa dos sistemas de esgoto	168
Figura 81: Mapa dos aterros sanitários de resíduos.....	169
Figura 82: Mapa de localização de Minas na região	170
Figura 83: Mapa das amostragens de sedimentos nos afluentes	171
Figura 84: Mapa de localização de medidores em afluentes	172
[Figura 85: Mapa das estações de controle dos afluentes.....	173
Figura 86: Mapa das estações de controle no lago (navios de cruzeiro).....	174
Figura 87: Mapa das estações de controle no lago (E. Luz).....	175
Figura 88: Mapa de localização do maior volume de peixes no lago.....	176

Figura 89: Mapa de cumprimento dos objetivos de qualidade para usos	177
Figura 90: Mapa de cumprimento dos objetivos de qualidade para (piscicultura).....	178
Figura 91: Mapa de cumprimento dos objetivos de qualidade para usos (substâncias perigosas)	179
Figura 92: Mapa da evolução da qualidade das águas (PH).....	180
Figura 93: Mapa da evolução da qualidade das águas (oxigênio dissolvido)	181
Figura 94: Mapa da evolução da qualidade das águas (% de saturação do oxigênio).....	182
Figura 95: Mapa de evolução da qualidade das águas (demanda química de oxigênio).....	183
Figura 96: Mapa de evolução da qualidade das águas (turbidez).....	184
Figura 97: Mapa de evolução da qualidade das águas (alcalinidade).....	185
Figura 98: Mapa de evolução da qualidade das águas (chumbo)	186
Figura 99: Mapa de evolução da qualidade das águas (zinco)	187
Figura 100: Mapa de evolução da qualidade das águas (cromo).....	188
Figura 101: Mapa de evolução da qualidade das águas (cádmio)	189
Figura 102: Mapa de evolução da qualidade das águas (níquel).....	190
Figura 103: Mapa de evolução da qualidade das águas (arsênio)	191
Figura 104: Mapa de evolução da qualidade das águas (cobre)	192
Figura 105: Mapa de evolução da qualidade das águas (nitrogênio total)	193
Figura 106: Mapa de evolução da qualidade das águas (fósforo total)	194
Figura 107: Mapa do estado trófico do lago (nitrogênio).....	195
Figura 108: Mapa do estado trófico do lago (clorofila A).....	196
Figura 109: Mapa do estado trófico do lago (transparência).....	197
Figura 110: Mapa do estado trófico do lago (fósforo total)	198
Figura 111: Mapa de contaminação de sedimentos (fósforo).....	199
Figura 112: Mapa de contaminação de sedimentos (arsênico).....	200
Figura 113: Mapa de contaminação de sedimentos (cobre)	201
Figura 114: Mapa de contaminação de sedimentos (cádmio)	202
Figura 115: Mapa de contaminação de sedimentos (cromo).....	203
Figura 116: Mapa de contaminação de sedimentos (chumbo)	204
Figura 117: Mapa de contaminação de sedimentos (zinco)	205
Figura 118: Mapa de contaminação de sedimentos (mercúrio).....	206

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional da Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ALT	<i>Autoridad binacional autónoma del sistema hídrico del Lago Titicaca</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ECDC	Centro Europeu de Prevenção e Controlo das Doenças
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEPHA-MG	Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais
LIDAR	<i>Light Detection And Ranging</i>
MG	Minas Gerais (estado brasileiro)
NASA	Agência Espacial Norte Americana
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSUBH	Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte
PBH	Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PH	Potencial Hidrogeniônico
SMSA	Secretaria Municipal de Saúde
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TI	Tecnologia da Informação
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Contextualização.....	17
1.2. O foco desta pesquisa	20
1.3. O problema.....	20
1.4. Objetivos geral e específicos	21
1.5. Hipóteses.....	22
1.6. Justificativa	22
1.7. Estratégias e métodos	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
3. REFERENCIAL TEÓRICO	33
3.1. Epistemologias e teorias científicas	33
<i>Karl Popper e Humberto Maturana</i>	<i>33</i>
<i>Teoria Geral dos Sistemas.....</i>	<i>36</i>
<i>Autopoiese.....</i>	<i>38</i>
<i>Sistemas Emergentes</i>	<i>39</i>
<i>Teoria da Complexidade.....</i>	<i>41</i>
<i>Grafos</i>	<i>44</i>
3.2. O Modelo e o Observador	47
3.3. Sistêmica	50
4. METODOLOGIA.....	54
4.1. Concretude da Modelagem: Quadro epistêmico proposto para análise de modelos complexos	55
5. ESTUDOS DE CASOS.....	59
5.1. Parametrização de projetos de Arquitetura e Engenharia.....	59
<i>Cenário e significância histórica.....</i>	<i>59</i>

<i>O problema, o objetivo e as hipóteses</i>	60
<i>Parametrização</i>	60
<i>Design Paramétrico</i>	61
<i>Modelo paramétrico</i>	63
<i>Software de modelagem</i>	65
<i>Aspectos metodológicos</i>	66
<i>Análise de resultado</i>	69
<i>Discussão</i>	76
5.2. Modelagem computacional de ambientes construídos e espaços públicos urbanos em busca de focos do mosquito <i>Aedes Aegypti</i>	78
<i>Cenário e significância histórica</i>	78
<i>O problema, o objetivo e as hipóteses</i>	80
<i>Surtos, epidemias, pandemias, endemias e Sindemia</i>	81
<i>Aedes Aegypti</i>	83
<i>Veículos Aéreos Não Tripulados</i>	86
<i>Nuvens de pontos e modelos 3D's e o ortomosaico</i>	87
<i>Aspectos metodológicos</i>	89
<i>Análise de resultado</i>	92
<i>Discussão</i>	102
5.3. Modelagem de dados da covid-19 em Belo Horizonte	103
<i>Cenário e significância histórica</i>	103
<i>Global vs. Local</i>	105
<i>Urbano vs. Rural</i>	106
<i>Natureza vs. Sociedade</i>	107
<i>O problema, o objetivo e as hipóteses</i>	107
<i>Aspectos metodológicos</i>	109
<i>Análise de resultado</i>	112

	<i>Discussão</i>	117
5.4.	Nomadismo nas ilhas de Uros	118
	<i>Cenário e significância histórica</i>	118
	<i>O recorte da pesquisa</i>	119
	<i>O problema, o objetivo e as hipóteses</i>	120
	<i>População da ilha de Uros</i>	120
	<i>Genética</i>	122
	<i>Aspectos metodológicos</i>	124
	<i>Análise de resultados</i>	125
	<i>Discussão</i>	135
6.	ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO	136
	6.1. Conexão entre a episteme da Concretude da modelagem e o estudo 01	136
	6.2. Conexão entre a episteme da Concretude da Modelagem e o estudo 02	138
	6.3. Conexão entre a episteme da Concretude da Modelagem e o estudo 03	140
	6.4. Conexão entre a episteme da Concretude da Modelagem e o estudo 04	142
	6.5. Crítica à racionalidade que não aceita explicativos abstratos, subjetivos, sem referência intelectual e desconhecidos	144
7.	CONCLUSÃO	147
	7.1. Sugestão para trabalhos futuros	149
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
	ANEXO A – MATERIAL GRÁFICO SOBRE O COLÉGIO GOVERNADOR MILTON CAMPOS	161
	ANEXO B – MATERIAL GRÁFICO DA REGIÃO DO LAGO TITICACA	163
	APÊNDICE A – QUADRO AVALIATIVO: EPISTEME DA CONCRETUDE DA MODELAGEM APLICADA AO ESTUDO DE CASO 01	207
	APÊNDICE B – QUADRO AVALIATIVO: EPISTEME DA CONCRETUDE DA MODELAGEM APLICADA AO ESTUDO DE CASO 02	214

APÊNDICE C – QUADRO AVALIATIVO: EPISTEME DA CONCRETUDE DA MODELAGEM APLICADA AO ESTUDO DE CASO 03	221
APÊNDICE D – QUADRO AVALIATIVO: EPISTEME DA CONCRETUDE DA MODELAGEM APLICADA AO ESTUDO DE CASO 04	228

1. INTRODUÇÃO

Esta tese reúne conceitos e aplicações relativas a visões epistemológicas e teorias científicas dos séculos XX e XXI que, de alguma forma, podem contribuir com a construção de modelos de fenômenos complexos. Tenta-se adotar um quadro epistemológico denominado neste trabalho como “Concretude da Modelagem” (cf. p.55), o qual delinea um enquadramento do conhecimento em que as narrativas sobre a realidade regressam à origem do fenômeno informacional, do contato primeiro com a informação. Considerando o fato de que vivemos imersos em um mundo de interpretações das coisas e de nós mesmos (SONTAG, 2020), propõe-se um princípio de retorno a um estado de totalidade entre o conhecimento e a realidade.

A proposta de utilizar a modelagem para análise de fenômenos está relacionada a possibilidade de se entender as relações de sistemas complexos (suas partes e o todo) e, com isso, obter ferramental para fazer previsões. Entende-se que Modelos e Sistemas podem ser utilizados como sinônimos, e a modelagem tem como finalidade construir representações de funcionamento de sistemas através da execução, da operacionalização e da simulação do sistema, na tentativa de aperfeiçoá-lo e testá-lo (cf. p.50).

Para alcançar os objetivos propostos (cf. p.21) e verificar as hipóteses (cf. p. 22), foram elaborados quatro estudos de caso relacionados a Arquitetura, Urbanismo, Saúde Urbana e o Meio Ambiente (cf. Capítulo 5). Além disso o trabalho apresenta aplicações empíricas e discute as possibilidades de utilização da metodologia para diversos modelos de fenômenos complexos.

Esta Introdução apresenta o tema abordado, a contextualização, o foco da pesquisa, o problema enunciado, os objetivos a serem alcançados, a justificativa para construção da Tese e a estrutura do trabalho. No capítulo 2, revisão bibliográfica (cf. p. 26), é apresentada a construção de uma narrativa lógica e analítica da revisão bibliográfica a partir das citações descritas para embasar a fundamentação teórica. No capítulo 3, referencial teórico (cf. p. 33), é desenvolvida a fundamentação da Tese, estruturando o embasamento científico da pesquisa. Destaca-se nesse capítulo a apresentação de visões epistemológicas, teorias científicas e a construção e avaliação de modelos. No capítulo 4, Metodologia (cf. p. 54), são detalhadas as estratégias e métodos utilizados para alcançar os objetivos estabelecidos e responder ao problema de pesquisa. No capítulo 5, Estudos de casos (cf. p. 59), é apresentado o conjunto de ensaios de modelagem desenvolvidos nesta pesquisa. No capítulo 6, Análise de resultado e discussão (cf. p. 136), é feita a interpretação dos dados coletados na pesquisa com a finalidade de testar as hipóteses e resolver o problema apontado pelo pesquisador. No capítulo 7,

Conclusão (cf. p. 147), verifica-se se as hipóteses foram validadas ou refutadas, se os objetivos foram alcançados, e é apresentada a resposta para o problema da Tese.

A fim de descrever a conjuntura histórica da pesquisa em relação ao avanço da Tecnologia da Informação (TI), da criação de modelos e dificuldades metodológicas, segue a contextualização da pesquisa.

1.1. Contextualização

O aumento da população humana vivendo em áreas urbanas, que no início deste século (2008) superou, em número, a população das áreas rurais, impacta diretamente na qualidade de vida da população, sendo possível atestar adversidades decorrentes desse aumento populacional (OECD, 2016). Novos problemas apareceram globalmente no campo e na cidade, colocando em xeque o atual estágio do conhecimento na busca por soluções. Simultaneamente, a Tecnologia da Informação se desenvolveu, incorporando avanços que criam impactos diretos na sociedade e ampliam o escopo de suas aplicações para que o trabalho científico possa se desenvolver em âmbito coletivo (VALENTE, 1999).

O desenvolvimento da TI correspondeu a um aumento da capacidade computacional, tanto em software como em hardware, e sua aplicação resultou na discussão e retomada de algoritmos e teorias advindas de situações cujo cálculo limitava-se a pequenas amostragens. Embora algoritmos – como o da centralidade por intermediação entre pontos de um sistema – já existissem no estudo de liderança em grupos sociais na década de 1950¹, seu emprego limitava-se à capacidade de cálculo do elenco reduzido de dados a que se aplicavam. Por conta do referido avanço, é possível referir uma retomada do uso de algoritmos na análise de redes urbanas por meio da sociometria, por Sevtsuk², que propôs seu emprego no cálculo das centralidades por intermediação para os edifícios de uma cidade inteira, o que seria incomputável manualmente no passado (SOUZA, 2018).

¹ A intermediação é uma medida de centralidade de um nó em uma rede. Ela é igual ao número de menores caminhos de todos os vértices para quaisquer outros vértices que passam por aquele nó. Foi Linton Freedman (1927-2018), sociólogo estruturalista americano, quem reformulou antigos algoritmos da sociometria para aplicá-los a diversos tipos de problemas tratados como redes.

² Andres Sevtsuk foi o criador, em 2015, do conjunto de algoritmos aplicáveis à análise de redes urbanas, numa ferramenta concebida em sua tese doutoral na University College of London, Bartlett School.

O economista estadunidense Herbert Simon, pesquisador dos campos de psicologia cognitiva, informática e inteligência artificial, apresentou à sociedade científica o conceito das “Heurísticas” na busca de soluções. Uma vez que as pessoas possuem valores subjetivos associados às informações, limites de tempo e quantidade de informação disponível para resolver seus problemas, o processo da “heurística” é influenciado, constituindo-se em uma forma de incorporar àqueles conceitos para a busca de soluções computacionais aos julgamentos e limitações humanas, a aprendizagem, e as percepções individuais e coletivas. Assim, a computação e o pensamento comum viram-se obrigados a confrontar modelos, sistemas e informações. Há ainda cientistas que profetizaram o progresso espetacular (Alan Turing, Gordon Moore, Carl Anderson) advindo da redução do custo dos componentes dos computadores, o aumento de sua capacidade computacional e a possibilidade de criação de inteligências artificiais.

Com este desenvolvimento da TI, vimos a retomada da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), da Teoria do Caos, da Autopoiese, da Teoria da Emergência, da Teoria da Complexidade, dentre outras. Tais abordagens têm modificado a forma como compreendemos e estudamos os modelos, aumentando a capacidade de lidar com a complexidade das relações entre os seus componentes e deles com o meio ambiente (LEWIN, 1999).

A disponibilidade crescente da troca e coleta de dados ampliou as oportunidades científicas em termos de criação, teste e refutação de hipóteses para a compreensão dos problemas. Em todos os campos, novas operações envolvendo dados habilitaram as oportunidades, observando as partes do modelo e seu conteúdo (DE SORDI, 2019). “Modelos”, “Sistemas” e “Informação” são conceitos que se popularizaram a partir da metade do século passado, permeando o cotidiano das pessoas. Esses termos passaram a ser usados em quase todos os campos culturais, mas, em comum, passaram a expressar a ideia de que podem nos ajudar a criar soluções para prever, resolver, ou executar atividades de modo correto (BERTALANFFY, 1968; CHURCHMAN, 1968).

Nas últimas décadas, os algoritmos matemáticos e computacionais, por exemplo, passaram a ser comparados com receitas culinárias, com suas etapas de instruções finitas e bem definidas que, ao serem finalizadas, podem ser reconhecidas como corretas. Foi também na metade do último século, que o processo de cognição humana foi estudado mais profundamente, observando-se como um indivíduo busca a solução correta para problemas na adversidade de receitas incompletas ou faltantes de ingredientes (TONETTO, 2006).

As novas possibilidades de obtenção de interpretações das informações parecem amplificar a capacidade analítica dos componentes dos sistemas, permitindo aos pesquisadores

estabelecer relações mais eficazes, sobre o ponto de vista da preditibilidade de fenômenos que afetam todo conjunto da realidade, que inclui o universo das atividades humanas no espaço. Ocorre com isso a necessidade de criar ferramentas que capacitem cientistas na criação de técnicas e conceitos direcionados à especificação, estruturação, obtenção e gestão racional de dados (a experiência narrada da informação da vida humana no espaço – cf. Domínios linguísticos, p. 28).

Se é verdade que a Informação tem um caráter concreto que não permite que seja registrada sem uma abstração da experiência do cientista que a vivenciou (registrou, mediu), tais abstrações podem ser entendidas como "peças narrativas" da apreensão da realidade, e seu tratamento lógico e racional deve ser revisto. Tais narrativas estão longe de ter a concretude da informação, mas, depois de aceitas pela comunidade, passam a compor o jogo abstrato e intelectual que permite a análise sistêmica. Entretanto, pelas características dos domínios linguísticos, tais narrativas podem oferecer interpretações enganosas (MATURANA, 2002), como na fábula dos cegos que, tateando um elefante, tentam descrevê-lo através de sua experiência (SAXE, 2016). Elementos narrados e aceitos passam a contar como "informação", ou dados cuja aceitação de origem abstrata distanciam-se ainda mais da experiência concreta de viver a informação (BANDLER; GRINDER, 1976).

Um conjunto de dados ganha uma dinâmica no seu armazenamento e a operação deles estará em constante suspeita de sua validade como apoio às ações. Análises sistêmicas, ao avançarem na tentativa de capturar a estrutura de suas organizações, de definirem componentes, especificá-los e enfim os narrar, passarão pela incerteza de que, ao contrário de nos aproximarmos de um entendimento dos fenômenos, sejam eles sobre coisas ou sobre as relações entre elas, as narrativas e outras abstrações que compõem nosso entendimento do mundo real podem, intelectivamente, desmaterializá-lo, conduzindo a erros de deformação, que inviabilizam a operacionalidade, criando um enredo lógico, porém estéril (MATURANA, 2002).

Quando se pretende estudar os sistemas e os modelos, deve-se ter presente que o enquadramento (*framing*) das informações pode funcionar até certos limites, e a investigação de tais erros do modelo pode eliminar julgamentos pré-determinados, afastando todo o processo dos perigos de opiniões organizadas e aceitas pelos sujeitos (BERTALANFFY, 1968; CHURCHMAN, 1968).

Entretanto, seria impossível conquistar uma capacidade de abstração que garantisse a transformação da vivência no mundo em sistemas e modelos que concebessem fundamentos e técnicas como aplicáveis e operantes sobre a realidade. O reconhecimento desse problema

recoloca a necessidade de estudar sistemas e entendê-los, fazer modelos e testá-los, como atividades de pesquisa continuada, que se acumula e se corrige - um processo, de fato, científico (CHURCHMAN, 1968).

Com a intenção de delimitar esta pesquisa, expõe-se a seguir o enfoque adotado, discutindo questões epistemológicas, modelagem e estudos de caso.

1.2. O foco desta pesquisa

A modelagem de fenômenos de quatro estudos de caso relacionados a Arquitetura, Urbanismo, saúde urbana e o Meio Ambiente, e os problemas advindos desta observação são aqui enfocados. Tenta-se adotar neste trabalho uma episteme³ menos documental e simbólica (um quadro epistemológico) que avance no sentido de evitar uma perspectiva mecanicista (empirismo⁴ e racionalismo⁵), e que não separe analiticamente subjetividade e objetividade, causa e efeito, e tempo e espaço, dado que tais separações, por retirarem a dinâmica dos fenômenos observados e torná-los objetos, resultaram numa crise metodológica que precisa ser superada (BROADBENT, 1973; PEREZ-GOMEZ, 1983; WINOGRAD E FLORES, 1986; CAPRA, 1996).

A seguir segue o problema da pesquisa, responsável por guiar os caminhos investigativos deste trabalho.

1.3. O problema

O problema tratado nesta tese é o conflito do enquadramento teórico adotado para a elaboração de modelos da realidade e a falibilidade preditiva destes modelos. As epistemologias

³ Episteme é um termo filosófico utilizado para descrever um conjunto dos diversos saberes científicos pertencentes a uma época. O termo vem do verbo grego antigo epístamai (ἐπίσταμαι), que significa “conhecer”, “entender”, “estar familiarizado”.

⁴ O Empirismo é uma teoria do conhecimento que afirma que a ciência como conhecimento só pode ser derivada a partir dos dados percebidos.

⁵ O racionalismo é, no geral, uma teoria do conhecimento que privilegia a razão em detrimento da experiência do mundo sensível como via de acesso ao conhecimento. Considera a dedução como o método superior de investigação filosófica.

adotadas (ou seja, conjunto de conhecimentos que são o escopo do pesquisador nas pesquisas) devem ser suficientes para modelar fenômenos complexos (abertos, dinâmicos, emergentes e com muitas variáveis) e que possuem capacidade de construir a si mesmos (autopoiéticos).

Na tradição científica, fala-se do uso de modelos para conceber com clareza os problemas tratados no mundo real, tentando prever o resultado da aplicação de métodos e técnicas para resolvê-los ou reproduzir o seu comportamento. Contemporaneamente, entretanto, novos problemas para a vida humana têm aumentado a complexidade do viver, em consequência às novas atividades que passaram a fazer parte do cotidiano, já referidas. *Pari passu*, o avanço das tecnologias e teorias nos séculos XX e XXI gerou inquietações e questionamentos, como a falibilidade dos modelos diante da emergência de características não esperadas nos fenômenos observados, a capacidade de alguns sistemas problemáticos conseguirem se desenvolver autonomamente, e a incapacidade de compreendermos e indicarmos a multitude de variáveis implicadas.

Segue a exposição dos objetivos versados nesta Tese e que representam as intenções e finalidades do pesquisador na busca da solução para o problema apresentado.

1.4. Objetivos geral e específicos

Propõe-se um estudo da visão epistemológica que envolve a modelagem da informação para que essa visão seja capaz de ser utilizada como ferramental na compreensão de fenômenos complexos (na Arquitetura, no Urbanismo, na Saúde Urbana e no Meio Ambiente), elucidando características estruturais da modelagem (o determinismo⁶ e o indeterminismo⁷), os componentes dos sistemas formados e a capacidade preditiva dos modelos.

Os objetivos específicos derivados são:

- a. Relacionar as principais epistemes, modelos teóricos e pesquisadores dos assuntos abordados através da construção de uma revisão literária sólida.
- b. Aplicar o quadro epistêmico proposto na análise dos estudos de caso na tentativa de validá-lo ou refutá-lo.

⁶ O Determinismo é a compreensão de tudo o que ocorre em um sistema se deve a causas anteriores, tornando os efeitos que as seguem causas necessários e inevitáveis. Portanto, tudo seria controlado por tais leis causais.

⁷ O Indeterminismo refere-se a uma concepção filosófica segundo a qual alguns acontecimentos não têm causas ou que têm causas não-lineares.

- c. Elaborar uma crítica de enquadramentos epistemológicos encontrados na modelagem de fenômenos diversos, por meio de estudos de caso (cf. p.59).

A partir do confronto entre os problemas e os objetivos da pesquisa foram levantadas as hipóteses do trabalho.

1.5. Hipóteses

Tem-se, como hipóteses deste trabalho, que:

- a. É possível estabelecer relações entre diferentes epistemologias e teorias científicas para a compreensão de fenômenos complexos.
- b. O atual estágio tecnológico permite a análise de fenômenos complexos nas ciências sociais aplicadas, assim como ocorre nas ciências duras.
- c. Através da modelagem da informação, é possível criar modelos que apresentem características e comportamentos semelhantes aos modelos físicos reais, sendo capazes de se autogerirem e retroalimentarem.
- d. É possível reconhecer e avaliar a estrutura dos sistemas complexos e definir suas características emergentes e autopoieticas, utilizando uma avaliação sistêmica, de modo a conseguir averiguar o seu estado atual.
- e. No modelo ambiental, é possível definir os elementos relacionados à demografia do território e as variáveis que acusariam as relações populacionais com a natureza local.

A seguir justifica-se o problema abordado relevando sua importância e a sua possível contribuição científica.

1.6. Justificativa

Como se mencionou, em decorrência do crescimento populacional urbano, da expansão dos recursos técnicos e do avanço das ciências, a estrutura da sociedade moderna tem produzido uma rede de dados que a cada dia se torna mais complexa e diversificada, gerando uma oferta

cada vez maior de conjuntos de dados que amplificam as oportunidades científicas no desenvolvimento de modelos para a compreensão de fenômenos diversos. Entretanto, os enquadramentos teóricos adotados para a elaboração de modelos da realidade e a falibilidade preditiva destes modelos parecem não ser suficientes para modelar fenômenos complexos (abertos, com muitas variáveis), emergentes e que possuem capacidade de construir a si mesmos (Autopoiéticos).

Assim sendo, esta pesquisa pretende ser relevante em contribuir com o avanço do conhecimento no campo da modelagem da informação de fenômenos diversos. Pretende apoiar pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, visando a modernização e o debate sobre a construção e avaliação de modelos. Para tanto, propõe-se um quadro de conhecimentos capaz de demonstrar como este estudo pode ser utilizado como ferramental na compreensão de fenômenos (na Arquitetura, no Urbanismo, na Saúde Urbana e no Meio Ambiente).

A sinopse das estratégias e métodos da pesquisa é apresentada a seguir, relacionando-as aos objetivos estabelecidos e buscando responder ao problema de pesquisa.

1.7. Estratégias e métodos

A estratégia adotada passou por uma revisão bibliográfica analítica sobre os principais pesquisadores dos temas estudados, servindo de base para a composição de um quadro de conhecimentos que compreendeu os pensamentos do método hipotético-dedutivo (Karl Popper⁸), a TGS (Bertalanffy⁹), a Autopoiese (Humberto Maturana¹⁰, Francisco Varela¹¹), a Emergência (Steven Johnson¹²), a Teoria da Complexidade (Anthony Wilden¹³ e Edgar

⁸ Karl Raimund Popper foi um filósofo e acadêmico austríaco-britânico reconhecido como um dos filósofos da ciência mais influentes do século XX.

⁹ Ludwig von Bertalanffy foi um biólogo austríaco criador da Teoria Geral dos Sistemas.

¹⁰ Humberto Maturana foi um neurobiólogo chileno, crítico do realismo matemático e criador da Teoria da Autopoiese e da biologia do conhecer, junto a Francisco Varela. É um dos propositores do pensamento sistêmico e do construtivismo radical.

¹¹ Francisco Varela foi um biólogo e filósofo chileno.

¹² Steven Berlin Johnson é um filósofo americano que se destaca por trabalhar com ciência popular e Teoria da Mídia.

¹³ Anthony George Wilden foi um escritor, professor e teorista social britânico. Wilden foi um dos pioneiros nos estudos da Teoria da Complexidade é considerado um dos pesquisadores mais importantes.

Morin¹⁴) e os Grafos (Euler¹⁵). Pretendeu-se, assim, elaborar um quadro teórico com características sistêmicas (cf. p. 55), o qual foi aplicado em quatro estudos de caso que representaram um aumento escalar dos problemas estudados.

O primeiro estudo de caso (cf. p.59) aborda a modelagem paramétrica de projetos de Arquitetura e Engenharia. Para cumprir os objetivos, foi elaborado um projeto de edificação multifamiliar em um *software* de modelagem BIM (*Building Information Modeling*). Algumas proposições são feitas ao final, a título de conclusão, ressaltando-se principais dificuldades, desafios e vantagens da parametrização de projetos, mostrando como esses modelos podem contribuir com o seu desenvolvimento. Através deste estudo, foi possível analisar as características de um modelo produzido em um ambiente digital.

O segundo estudo de caso (cf. p.78) consiste na modelagem computacional de ambientes construídos e de espaços públicos urbanos com o objetivo de avaliar sua qualidade ambiental, utilizando veículos aéreos não tripulados (VANT's), nuvem de pontos, câmeras térmicas e geração de modelos tridimensionais, em busca de possíveis focos do mosquito *Aedes Aegypti*, cuja picada é o principal vetor de transmissão da dengue (doença viral que ocorre em áreas tropicais e subtropicais). O Colégio Estadual Governador Milton Campos, em Belo Horizonte, Minas Gerais foi adotado como caso para este estudo. Toda sua área externa foi modelada tridimensionalmente a partir de nuvens de pontos capturadas por um drone. Averiguou-se a eficiência dos ferramentais tecnológicos e identificaram-se parâmetros capazes de aferir possíveis focos desse importante vetor da dengue. Através deste estudo, foi possível analisar as características de um modelo urbano real reproduzido em um ambiente digital na busca por uma solução para a saúde pública.

No terceiro estudo de caso (cf. p.103), foi proposto um experimento para prever o contágio da Covid-19, também em Belo Horizonte, e o modelo utilizado foi construído com informações secundárias multivariáveis sobrepostas, oferecendo oportunidade para crítica de suas hipóteses e métodos. Estudos sobre a pandemia do Covid-19 estabeleceram valores escalares para a modelagem da doença e buscou-se avaliar se o modelo utilizado poderia ser admitido como base para intervenções urbanas de contenção do movimento populacional, na busca de soluções mais eficazes para evitar o contágio. Através deste estudo, foi possível

¹⁴ Edgar Morin um antropólogo, sociólogo e filósofo francês. É considerado um dos principais teóricos do campo de estudos da complexidade, que inclui perspectivas anglo-saxônicas e latinas.

¹⁵ Leonhard Paul Euler foi um matemático e físico suíço que fez importantes descobertas em várias áreas da matemática é considerado um dos mais proeminentes matemáticos de todos os tempos,

analisar as características de um modelo associado à saúde do espaço urbano e suas complexidades.

O quarto estudo de caso (cf. p.118) apresenta os resultados de uma pesquisa exploratória sobre o nomadismo territorial, estudando uma tribo Boliviana-Peruana (Uros) e analisando as inferências iniciais obtidas face aos requisitos para uma modelagem preditiva. Problematiza-se a atitude nômade contemporânea em detalhes coletados em uma viagem ao local, e os dados são tratados de modo a implementar: um modelo inicial, a parametrização e a execução de soluções em modelos biofísicos nos domínios do meio ambiente. Algumas inferências são feitas ao final, a título de conclusão, ressaltando-se as principais dificuldades, desafios e vantagens do cuidado ambiental de biomas com equilíbrio natural histórico e delicado, e com o apoio da computação ambiental no seu estudo modelar. Através deste estudo foi possível analisar as características de um modelo que possui uma significativa área natural preservada.

Cada modelo citado anteriormente tem características e propriedades únicas e foi criteriosamente escolhido. A proposta por trabalhar com modelos diversos, de domínio do autor, previa que as respostas pudessem ser as mais amplas e representativas possíveis, englobando-se um modelo computacional arquitetônico, um modelo urbano, um modelo epidemiológico e um modelo ambiental na elucidação das questões abordadas neste trabalho. Os estudos de caso foram, assim, organizados e apresentados em ordem de escala e complexidade de execução, partindo do menor e mais simples para o maior e mais complexo.

Após a exposição do conteúdo da Introdução da Tese, segue, no próximo capítulo, a apresentação da revisão bibliográfica sobre o tema tratado. Em sua estruturação buscou-se construir uma ordenação conceitual e histórica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi elaborada com finalidade de apresentar a construção de uma narrativa lógica, a partir das citações descritas, para embasar a fundamentação teórica da pesquisa.

No livro “História Universal da Infâmia” (BORGES, 2001), o autor descreve a história de um império em que o governante queria saber todos os detalhes do seu reino e a cada dia eram adicionadas novas informações no mapa da cidade, com o máximo de detalhes possíveis. Neste Império, a Arte da Cartografia alcançou tamanho detalhamento que o mapa do Império, tornou-se, de fato, do tamanho da área do Império e coincidia pontualmente com ele. Devido a desproporção e dificuldade de atualizá-lo ao final, o mapa ficou em desuso e deteriorou-se. O sucesso absoluto da representação significou o seu fim, condenada pelos próprios excessos.

Assim como no conto de Borges, a querela entre qualidade e quantidade de informação nos modelos foi generalizada nas ciências nos últimos anos. O fato é que, tanto qualidade quanto quantidade, em equilíbrio, são relevantes e benéficos para a construção dos modelos e podem ser responsáveis por seu sucesso ou fracasso (AL-HAKIM, 2007).

Como se disse anteriormente, modelos, informações e narrativas guardam características comuns entre si, mas são coisas distintas. As Informações são fenômenos concretos, não transmissíveis, transformadas em narrativas pelas pessoas, através da vivência, na tentativa de transmiti-las aos demais. Quando essas narrativas são aceitas pelo grupo de que a pessoa faz parte, passam a ser “reais”, tornando-se componentes de um modelo (MATURANA, 2002; SOUZA, 2008). Do contrário, infere-se que a pessoa teve uma “ilusão”, revelando-se a ela um intrincado mundo entre a ilusão e a realidade pelo conhecimento dado pela sua percepção.

Segundo o ponto de vista do biólogo Maturana (1980), os sistemas vivos são abertos à matéria e à energia; mas, ao mesmo tempo, são operacionalmente fechados - isto é, fechados à informação, instrução ou controle. Eles se dirigem de acordo com suas próprias regras, ainda que absolutamente dependentes de sua conexão com o meio em que vivem, o qual fornece a fonte de sua existência material. Sua maleabilidade estrutural, chamada plasticidade, é a extensão em que eles podem se adaptar estruturalmente para sobreviver dentro dos distúrbios ambientais. Sua sobrevivência dependerá de sua estrutura interna, como o domínio de comportamentos potenciais que podem ser desencadeados por distúrbios e estabelecer novos estados, bem como sua capacidade de preservar a história de sua adaptação estrutural em novos

padrões. O conceito de informação adotado por Maturana para explicar as relações entre os sistemas vivos e seu ambiente é diferente daquele que considera essa informação como algo que veicula representações simbólicas do mundo, transmitidas de um emissor para um receptor. Em vez disso, a informação é vista como todo tipo de perturbação por meio da qual os sistemas coordenam suas atuações (comportamentos) a fim de gerar ações consensuais e cooperativas para se sustentarem. Nesse sentido, a informação sobre o meio ambiente equivale a um nível de perturbação ambiental que desencadeia modificações internas e estruturais nos sistemas vivos, resultando em novos estados de equilíbrio (MATURANA, 1978).

Os sistemas vivos que possuem esses atributos geram comunicação. A comunicação é, portanto, a coordenação de comportamentos ou seu desencadeamento mútuo entre os membros de uma unidade social. É um sistema de mão dupla, em que cada lado, quando perturbado pelo outro, muda em relação ao outro em uma série de modificações coordenadas para se sustentar ou reorientar seu comportamento. Esse processo comunicacional depende da organização determinada, maleável e fechada dos sistemas vivos e pode ser instintivo (filogênico, estruturalmente dado) ou aprendido (ontogênico, preservado como história das mudanças estruturais do sistema segundo sua maleabilidade).

Como tal, comportamentos que são mantidos ao longo de muitas gerações podem ser chamados de comportamentos linguísticos. Juntos, os comportamentos linguísticos constituem um domínio linguístico de uma unidade social. Em outras palavras, o comportamento linguístico é a capacidade de um sistema de se coordenar plasticamente para cooperar com outros sistemas e lidar com distúrbios do meio.

Se o meio (ambiente) também pode ser considerado como um sistema estruturalmente plástico, então os dois sistemas plásticos podem se tornar mutuamente acoplados estruturalmente através de sua seleção recíproca de mudanças estruturais plásticas durante sua história de interações (MATURANA, 1978). Em tais casos, as mudanças de estado estruturalmente plásticas em um sistema tornam-se perturbações para o outro, e vice-versa, de uma maneira que se estabelece um domínio de trajetórias de estado interligado, mutuamente selecionado e mutuamente desencadeador.

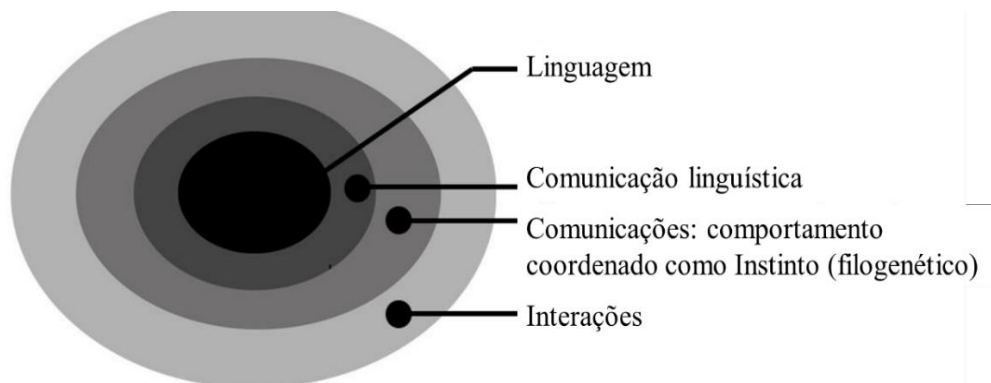
A correspondência estrutural entre o meio e um determinado sistema vivo é sempre o resultado da história de suas interações mútuas, enquanto ambos operam como sistemas independentes, estruturalmente determinados. Assim, a adaptação é sempre uma expressão trivial do acoplamento estrutural de um sistema estruturalmente plástico a um meio. A adaptação resulta sempre de sequências de interações entre um sistema plástico e seu meio, que desencadeiam no sistema plástico mudanças estruturais ou mudanças de estado. A qualquer

instante, selecionam-se nele uma estrutura que ou corresponde (é homomórfica) à estrutura do meio em que opera (interage ou se comporta) como tal sistema, ou o desintegra. Segue-se que, na operação dos sistemas vivos como unidades autopoieticas (cf. p. 38) em um meio, a coincidência entre uma dada estrutura do meio (lugar no meio) e uma dada estrutura no sistema vivo é sempre o resultado da história de suas mútuas relações e interações, enquanto ambos operam como sistemas independentes, estruturalmente determinados. Além disso, como resultado do acoplamento estrutural que ocorre durante tal história, a história se incorpora tanto na estrutura do sistema vivo quanto na estrutura do meio, embora ambos os sistemas necessariamente operem no presente através de processos determinados localmente, como sistemas determinados pela estrutura (MATURANA, 1978).

Pode-se considerar aqui que a coincidência entre as unidades ambientais e sociais deriva do mesmo acoplamento. À luz dos conceitos aqui esboçados, é possível considerar a informação como um conceito utilizado nesta investigação, correspondendo àquelas perturbações que desencadeiam mudanças estruturais nos sistemas vivos e no ambiente, de forma recursiva.

Quando os sistemas são coordenados em cooperação mútua para alcançar um novo estado de equilíbrio com o meio ambiente, eles promovem mudanças (referidas como comportamento por um observador externo) em suas estruturas e esse processo constitui um comportamento linguístico. Para um observador externo, as mudanças no ambiente serão consideradas como resultado desse comportamento linguístico, e será possível nomear esse “universo” de distúrbios como um domínio linguístico (Figura 1, abaixo).

Figura 1: Domínios linguísticos nas interações de um sistema com outros sistemas e com o ambiente.



Fonte: Adaptado de Souza (2008).

Através desses últimos conceitos, pode-se dizer que o domínio linguístico de um sistema é o “universo” de interações que se originam de distúrbios ocasionados por outros sistemas, incluindo-se como um sistema o meio ambiente. Assim, é possível inferir que o estado atual do ambiente e a história de suas transformações plásticas podem ser considerados como parte do

domínio linguístico. Portanto, a habilidade de um sistema em fazer modificações espaciais e mudar o ambiente para se desenvolver pode ser entendida como um tipo particular de comportamento de comunicação, especificado através de interações espaciais. Se o ambiente espacial é considerado como um sistema que pode perturbar os outros, o mesmo pode ser dito sobre ele, o que significa que suas mudanças resultam de perturbações que são um processo particular de comunicação. Assim, é possível caracterizar a informação como algo capaz de desencadear mudanças espaciais de forma recíproca e recursiva nas interações entre o ambiente e os sistemas que o habitam internamente. Ao mesmo tempo, uma vez que o ambiente tido como meio é perturbado e modificado, pode-se dizer que isso também é comunicação. Isso não significaria, no entanto, que o espaço transmita informação, mas sim que o próprio espaço é informação: como os ambientes espaciais estão acoplados ao comportamento dos sistemas que vivem neles, e vice-versa – como resultado de perturbações espaciais precedentes –, o espaço tanto perturba recursivamente quanto é perturbado pelos sistemas.

Como enfatizado por Bertalanffy (1968), o modelo é um conjunto de partes coordenadas para atingir um conjunto de objetivos. Revendo-o pela ótica dos sistemas a partir de Maturana, entende-se que o modelo é composto de uma estrutura de narrativas de informações que explicam fenômenos diversos, para compreendê-los e controlá-los. Assim, a informação, sendo vivenciada e sendo transmissível, permite a construção de narrativas que dizem respeito à realidade experimentada e constituem um tipo de domínio linguístico. Absolutamente tudo à nossa volta está, então, vinculado à linguagem; sendo a linguagem derivada da vivência com a informação, tudo é informação (WHEELER, 1990).

Portanto, os modelos podem ser questionados porque as narrativas que os compõem podem passar a ser pouco significativas para a coletividade num dado momento, perdendo seu poder explicativo. Compreender os erros de modelos é importante para permitir a precisão com que se descreve o fenômeno (CHURCHMAN, 1968).

As propriedades dos modelos são de importância central em contextos científicos. Por isso, cientistas despendem uma quantidade significativa de tempo construindo, testando, comparando e revisando tais modelos. Estas atividades buscam validá-los – ainda que apenas parcialmente –, refutá-los, ou abrir novos caminhos para as pesquisas (SOUZA, 2008). Assim a ciência não busca dar respostas conclusivas, mas formular hipóteses para testá-las (POPPER, 2007), e é o que se tenta exemplificar a seguir.

Durante o decorrer da história, houve significativas tentativas de se representar modelos, e sua própria definição e compreensão foi mudando ao longo do tempo. O registro histórico de tais mudanças permite compreender uma “tradição científica” que se consolidou, sobretudo

mais visível nas ciências duras (SOUZA, 2008). Copérnico¹⁶, no século XVI, elaborou um modelo heliocêntrico, onde a terra gira em torno do sol e do próprio eixo, rompendo com o geocentrismo. Já Galileu Galilei¹⁷, no século XVII, após criar o telescópio e observar a posição das 3 luas de Júpiter, comprovou a teoria de Copérnico (NAESS, 2015). Galileu Galilei foi também o primeiro cientista a levantar a hipótese de um princípio universal da relatividade em 1632 (RAMOS, 1998), o que talvez lhe devesse render maior reconhecimento. Os trabalhos dele inspiraram Isaac Newton¹⁸ a desenvolver a Teoria da Atração Gravitacional, que por sua vez inspiraram Einstein¹⁹, no século XX, a elaborar a Teoria da Relatividade. Einstein, entretanto, acreditava que o universo era apenas composto por nossa galáxia. Isso foi refutado quando a Agência Espacial Norte Americana (NASA, na sigla em inglês) comprovou, com o uso do potente telescópio Hubble²⁰, que existem bilhões de galáxias (Figura 2, abaixo), com estrelas e planetas que as orbitam (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

Figura 2: Imagem espacial feita pela NASA, com o uso do Telescópio Hubble, de um aglomerado de estrelas localizado em uma área espacial conhecida como Gum 29.



Fonte: NASA (2015).

¹⁶ Nicolau Copérnico foi um astrônomo e matemático polonês que desenvolveu a Teoria Heliocêntrica do Sistema Solar. Foi também cônego da Igreja Católica, governador, administrador, jurista e médico.

¹⁷ Galileo di Vincenzo Bonaiuti de Galilei (1564 -1642) foi um astrônomo, físico e engenheiro italiano, Com frequência é referenciado como "pai da astronomia observacional e pai da física moderna".

¹⁸ Isaac Newton foi um matemático, físico, astrônomo, teólogo e autor inglês, reconhecido como um dos cientistas mais influentes de todos os tempos e como uma figura-chave na Revolução Científica.

¹⁹ Albert Einstein (1879 - 1955) foi um físico teórico alemão que desenvolveu a Teoria da Relatividade geral, um dos pilares da física moderna. Recebeu o Prêmio Nobel de Física (1921) "por suas contribuições à física teórica".

²⁰ Hubble é um Telescópio Espacial lançado pela NASA, agência espacial estadunidense, em 24 de abril de 1990.

Nas primeiras décadas do século XX, a Teoria da Relatividade de Einstein pôs em questão os conceitos de espaço e tempo e os unificou para compreender a Teoria da Gravitação. A mecânica quântica de Max Planck²¹, por sua vez, derrubou certezas da Física Moderna e as substituiu pela noção de probabilidade (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996). Começava a crise científica contemporânea, que tratava de medidas infinitesimais e grandezas cósmicas: os modelos explicativos não possuíam formulações compatíveis, matematicamente iguais, por exemplo.

O cosmo e o elemento fundante da realidade não tinham formulações físicas compatíveis entre si, aplicáveis a ambos. Embora tenha sido possível unificar explicações para o entendimento do campo de forças fortes (núcleo dos átomos), fracas (elétrons), e do eletromagnetismo, os fenômenos relacionados à gravitação universal, entretanto, constituem-se até a presente data um obstáculo para a unificação das forças do universo num modelo e numa “Teoria de Tudo” (SILVA, 2011).

Ainda sobre os avanços no conhecimento sobre partículas, Heisenberg²² – com o princípio da incerteza – e Niels Bohr²³ – com o modelo atômico – mudaram a forma como compreendemos as partículas constituintes do universo e geraram inquietações em diversas áreas, passando pela física, matemática, astronomia e até mesmo a filosofia, pois romperam com dogmas até então estabelecidos (DÖRRIES, 2005).

Lorenz²⁴, em 1963, sugeriu a Teoria do Caos, caminhando na direção oposta do que estava sendo estudado nas ciências, sugerindo que, também nos sistemas caóticos, existe ordem. Nesse momento os cientistas estudam os Bóson de Higgs²⁵, os quarks²⁶ e os léptons²⁷ – que parecem representar a chave para explicar a origem da massa no universo –, e utilizam

²¹ Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 - 1947) foi um físico alemão. É considerado o pai da física quântica e um dos físicos mais importantes do século XX. Planck foi laureado com o Nobel de Física de 1918.

²² Werner Karl Heisenberg (1901 - 1976) foi um físico alemão que recebeu o Nobel de Física de 1932, "pela criação das bases da mecânica quântica".

²³ Niels Henrik David Bohr (1885-1962) foi um físico dinamarquês que contribuiu com a compreensão da estrutura atômica e da física quântica.

²⁴ Edward Norton Lorenz (1917 - 2008) foi um meteorologista, matemático e filósofo estadunidense que propôs a Teoria do Caos.

²⁵ O Bóson de Higgs é uma partícula elementar bosônica prevista pelo Modelo Padrão de partículas, teoricamente surgida logo após ao Big Bang de escala maciça hipotética predita para validar o modelo padrão atual de partículas.

²⁶ O quark, é uma partícula elementar que é um dos dois constituintes fundamentais da matéria (o outro é o lépton). Quarks se combinam para formar partículas chamadas de hádrons, das quais as mais estáveis desse tipo são os prótons e os nêutrons, que são os principais componentes dos núcleos atômicos.

²⁷ O lépton é uma partícula subatômica que tem várias propriedades intrínsecas, incluindo carga elétrica, spin e massa e é uma das partículas elementares que constituem a matéria.

aceleradores de partículas (Figura 3, abaixo) para realizar seus experimentos (WIEDEMANN, 2015).

Figura 3: Acelerador de partícula Brasileiro (Sirius).



Fonte: Science Vibe (2017).

Em comum, todos os trabalhos mencionados foram desenvolvidos mediante a análise de algum modelo, mas segundo o matemático George Edward Pelham Box²⁸, é necessário cuidado aos analisarmos, pois, apesar de fundamentais para o desenvolvimento das ciências, todos os modelos são falsos, mas alguns são úteis até certo ponto (BOX, 1976). Essas e outras reformulações do conhecimento mostram como é importante a inquietação dos cientistas, a reformulação dos modelos e o avanço da epistemologia.

Trata-se, a seguir, do aprofundamento na fundamentação teórica da Tese, estruturando assim embasamento científico da pesquisa.

²⁸ George Edward Pelham Box, (1919 - 2013) foi um estatístico britânico, que trabalhou nas áreas de controle de qualidade, análise de séries temporais, desenho de experimentos e inferência bayesiana e é considerado uma das grandes mentes estatísticas do século XX.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico, urdido através de uma revisão da literatura analítica, apresenta a fundamentação teórico-científica da pesquisa. Visa, portanto, auxiliar a compreensão dos conceitos e métodos de exploração utilizados nesta tese. Isso ajudará a tornar claro aspectos epistemológicos, teorias científicas, construção e avaliação de modelos.

3.1. Epistemologias e teorias científicas

Karl Popper e Humberto Maturana

Na ciência, muito embora com avanços notáveis advindos do desenvolvimento da Física, os filósofos da Ciência (epistemólogos) do século passado, tais como Thomas Kuhn²⁹, Imre Lakatos³⁰, Laudan³¹, Gaston Bachelard³², Mario Augusto Bunge³³, Ernest Mayr³⁴, dentre outros, anteviram – em sua maioria – a necessidade de ultrapassar as predeterminações científicas, compreender o aumento da complexidade dos problemas enfrentados e as novas capacidades em lidar com tais complexidades, englobando abordagens multiníveis e multivariáveis para a busca de soluções que entrelaçavam o cidadão e o ambiente construído.

Neste trabalho utilizaremos as teorias de Karl Popper e de Humberto Maturana para compor uma base epistemológica de discussão contrastada com outros autores contemporâneos, devido aos alertas que fizeram sobre a modelagem de fenômenos.

Karl Popper (POPPER, 1946), em meados do século passado, advertiu que a Ciência deveria se livrar das abordagens pseudocientíficas, entendendo que as diversas teorias críticas,

²⁹ Thomas Kuhn foi um físico, historiador e filósofo da ciência estadunidense. Seu trabalho incidiu sobre história da ciência, filosofia da ciência e desenvolvimento científico.

³⁰ Imre Lakatos foi um filósofo da matemática e da ciência húngaro.

³¹ Laudan é um filósofo da ciência americano que dedicou parte de sua carreira ao campo das teorias científicas.

³² Bachelard foi um filósofo francês que fez contribuições nos campos da poética e da filosofia da ciência. A este último, ele introduziu os conceitos de obstáculo epistemológico e ruptura epistemológica.

³³ Mario Augusto Bunge foi um filósofo e físico argentino-canadense. Seus escritos filosóficos combinaram realismo científico, sistemismo, materialismo, emergentismo e outros princípios.

³⁴ Ernst Mayr foi um biólogo de origem alemã que dedicou grande parte da sua carreira ao estudo da evolução, genética de populações e taxonomia.

desde Platão, tinham em comum a predeterminação de resultados, o que politicamente revolucionária o mundo às custas de um autoritarismo velado para a implantação de suas reformas. Para Popper, o indeterminismo na Ciência era o que mantinha a liberdade das pesquisas, e era como um espelho da liberdade individual na cidade (POPPER; BARTLEY, 1982). Para ele, a geração e refutação de hipóteses (falseabilidade) era o processo do avanço do conhecimento, que substituiria hipóteses provisoriamente admitidas. A possibilidade de novos ferramentais tecnológicos para o teste de novas hipóteses garantiria à Ciência o exercício criativo de formular novas hipóteses para os problemas, e não a confirmação delas como verdades absolutas (POPPER, 2007).

Maturana (MATURANA, 2001b), como demonstrou, referia-se às estruturas dos sistemas de modo determinista, pois considerava que estes não trocavam informações e eram hermeticamente fechados; estabelecia-se uma relação entre a experiência da informação pelo indivíduo, sua narrativa, e a sociedade que julgaria se tal narrativa seria considerada real ou ilusória. No entanto, aquele epistemólogo considerava que os sistemas se adaptavam uns aos outros (plasticidade estrutural) de modo indeterminado (MATURANA, 2002), numa interação a que chamou de “acoplamento estrutural”, reconhecendo nela a inteligência dos sistemas estudados. Essa adaptação originaria domínios linguísticos desde a mera interação até a sua mutualidade cooperativa para existirem - tudo isso sem nenhuma troca de informação (MATURANA, 2001a).

Para Maturana, contrariamente ao pensamento de Popper, não se pode conceber a linguagem desvinculada das ações que, por sua vez, dependem da emoção. As emoções, do ponto de vista biológico, são disposições corporais dinâmicas que definem domínios de ação em que nos movemos e, quando mudamos de emoção, mudamos de domínio de ação. Portanto não é a razão que nos leva à ação, mas a emoção. Maturana utilizou o termo “linguajar” para a frisar o caráter de atividade nos domínios linguísticos (MATURANA; VARELA 2001). O linguajar tem a distinção da fala, por ser “o ato de estar na linguagem”. Dois indivíduos conversam “quando observamos que o curso de suas interações constitui num fluir de coordenações de ações”. Se a linguagem é um modo de coordenar ações com o meio, só é possível notá-la no ato do seu progresso (MATURANA, 2001a).

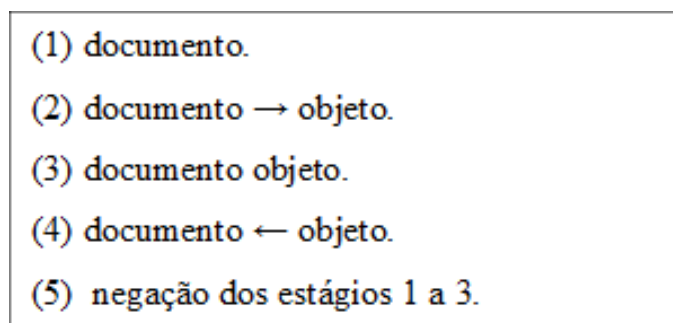
O impasse das Ciências Físicas ao lidar com a procura de uma teoria explicativa de tudo, colaborou para que Feyerabend³⁵ recusasse o método hipotético-dedutivo de Popper, e

³⁵ Paul Karl Feyerabend foi um professor e filósofo da ciência austríaco, discípulo de Karl Popper, que rejeitava a existência de regras metodológicas universais.

confrontasse o modelo racional universalista para a Ciência, revelando novos possíveis caminhos de interação de padrões abstratos com a multiplicidade da prática científica. Para alguns, tratava-se de uma anarquia metodológica. Porém, fica fácil entendê-lo quando as Ciências Físicas – estudando partículas subatômicas – não encontram precedentes na escala de vivência humana para criarem modelos das informações obtidas e contribuir para conformar a mencionada “Teoria de todas as coisas”, ou uma teoria explicativa de todas as forças e campos do cosmo, como se disse.

Feyerabend descobriu que a destruição do modelo racional universalista é libertária, no sentido de reconduzir a representação da informação a campos ainda não experimentados pelo ser humano dentro da linguagem. Assemelha-se, mal comparando, à aprendizagem de uma criança que, ao receber um brinquedo, o destrói para entendê-lo e criar, por si, um modelo de compreensão de sua experiência (“The Popperian Podcast”, 2022). Feyerabend não foi o único a suspeitar que a linguagem científica continha amarras que afastavam figurações e abstrações necessárias para modelar fenômenos infinitesimais. Anteriormente, em 1950, Woolgar (1993) criticou o processo de formação de ideias na ciência, verificando seu enredamento pela linguagem e pela sociedade e descrevendo assim as descobertas mais como um processo sociológico do que um ponto de ocorrência, abaixo representado esquematicamente (Figura 4, abaixo):

Figura 4: Processo descrito por Woolgar.



Fonte: Autor.

Woolgar quis representar que, no estágio 1, os cientistas têm documentos (traços). No caso da descoberta dos pulsares, por exemplo, os documentos consistiam nos gráficos das gravações captadas pelos telescópios, incluindo-se ainda artigos, livros, e outros aparatos como o próprio telescópio. No estágio 2, os documentos são utilizados para modelar a existência de um objeto ou fenômeno particular – totalmente construído por documentos. No estágio 3, ocorre uma separação: embora o objeto fosse constituído em virtude dos documentos e das redes sociais que deles derivavam nos comentários científicos, passa a ser compreendido como

entidade separada, distinta dos documentos. O objeto “ganha vida”, e pode conquistar antecedentes e ter sua própria história contada pelos cientistas. Na etapa 4, inverte-se a relação: dados começam a se agregar aos documentos, que ganham um caráter de representação do fenômeno. Eles tornam-se documentos do objeto. O passo final 5 é essencial para garantir e reescrever a história da descoberta, uma ontologia do fenômeno. Resumidamente citado aqui, Woolgar fornece explicações para termos muito apreciados na física, como “matéria escura”, “energia escura”, “grávitons”, e uma série de inventos da linguagem que esperam a descoberta de fenômenos a se ajustarem. A insurreição de Woolgar e Feyerabend pode ser compreendida como um embate da ciência com a linguagem, tentando despir-se dela (a linguagem) para acessar novos meios narrativos.

Esta evolução epistemológica demonstra a importância da inquietação científica. Destaca-se o fato de que há teorias que estão diretas ou indiretamente interrelacionadas, pois, eventualmente, foram construídas após confirmações e refutações epistemológicas (MOULINES, 2018). A Figura 5, p.37, apresenta as principais teorias científicas desenvolvidas nas últimas décadas, focalizando a evolução da Teoria da Complexidade.

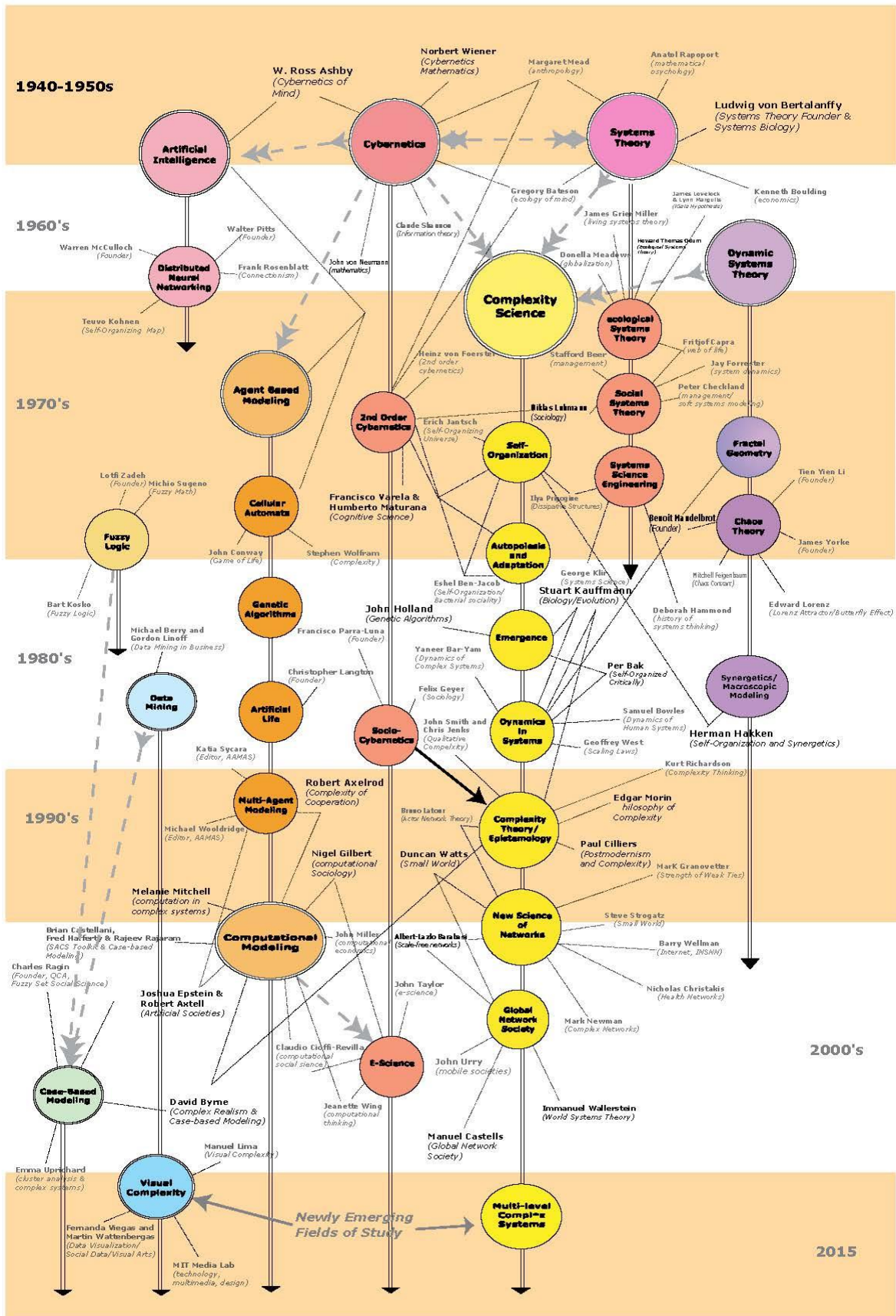
A seguir, destacam-se os principais ramos epistemológicos utilizados na construção desta tese.

Teoria Geral dos Sistemas

A TGS (Teoria Geral dos Sistemas) tem por objetivo uma análise da natureza dos sistemas e da inter-relação de suas partes entre si e com o espaço, observando as leis fundamentais de cada sistema. Defende ainda que um sistema não vive isolado, ele é geral para as partes que o compõe e é parte da composição de outro sistema mais geral de um todo (BERTALANFFY, 1968). Como generalista científico, Bertalanffy foi crucial para apaziguar a linguagem científica dos jargões de cada campo de conhecimento, possibilitando o trabalho multidisciplinar dos cientistas no propósito de enviar o homem à lua, em 1969 – ainda que o valor desse evento possa ser visto mais como político que científico.

A TGS não busca solucionar problemas ou tentar soluções práticas, mas sim produzir teorias e formulações conceituais que possam criar condições de aplicação na realidade empírica.

Figura 5: Ramos epistemológicos e sua evolução.



Fonte: Resilience (2019), alterado pelo autor.

De forma sucinta, a TGS afirma que todo o sistema depende da interligação de suas partes. As interligações (conexões) entre suas partes e entre sistemas diferentes podem ocorrer em ordem ou fora de ordem. Todo sistema tem seu espaço próprio e suas fronteiras, e podem expressar seus estados internos, demonstrando a sua estabilidade. A partir dos princípios de interação entre os sistemas e suas partes, podemos entender sua estrutura e formação. A identificação do maior número possível de variáveis, externas e internas, que de alguma forma, afetam o sistema tornará a análise mais precisa e confiável. Os sistemas podem ser divididos em três tipos, o sistema cósmico (o Universo), o sistema natural (sendo que o sistema maior é a Terra) e o sistema social (Comunidade humana) (BERTALANFFY, 1968).

A TGS antecedeu e contribuiu com importantes teorias, como a Autopoiese (cf. p. 38), a Teoria dos Sistemas Emergentes (cf. p. 39), a Teoria da Complexidade (cf. p. 41), entre outras. Pode-se afirmar que sua popularização entre os pesquisadores se deve à proposição de uma taxonomia prática na avaliação de sistemas (ARAÚJO; GOUVEIA, 2016). Devido a sua importância histórica e episteme clara (cf. p. 50), a TGS foi abordada nesta pesquisa e utilizada na avaliação dos modelos elaborados nos estudos de casos.

Autopoiese

Ao se analisar a estrutura da TGS, percebe-se que a compreensão do comportamento do sistema, de suas partes, e de sua relação com o ambiente é similar à da Autopoiese, descrita pelos biólogos Humberto Maturana e Francisco Varela, que cunharam este termo para designar a capacidade dos seres vivos de produzirem e gerirem a si próprios (MOL, 2013).

Como explicado anteriormente, um ser vivo é um sistema operacionalmente fechado (formado por uma rede de sistemas) de produções (processos) em que as partes produzidas geram com suas interações a mesma rede de elementos que os produziu (MATURANA, 2002).

O fato de ser um sistema fechado não significa que ele esteja desligado do “todo”, pois os sistemas autopoieticos são sistemas abertos à interação; isto é, todos os sistemas autopoieticos têm contato com seu meio ambiente, normalmente em busca de energia e matéria. Como exemplo, cabe citar as células vivas que dependem de “alimento” para sua existência. No entanto, a interação com o meio ambiente é regulada pelo sistema autopoietico. É este sistema que determina quando, o que e por quais canais a energia ou matéria é trocada com o meio ambiente.

Desta forma, um sistema – enquanto sistema autônomo – está constantemente se autorregulando e se autoproduzindo, mantendo interações permanentes com o meio (ambiente),

onde gera apenas mudanças determinadas em sua própria estrutura, e não através de um agente externo. Resumidamente, a Autopoiese e a adaptação de um ser vivo ao seu meio são condições sistêmicas para manutenção da vida (MATURANA, 2002).

A Autopoiese, nos anos 1970, era explicada por meio de termos utilizados nas ciências biológicas; porém, com o passar dos anos, o termo passou a ser usado em outras áreas do conhecimento, como em Sociologia, Filosofia, Economia, Direito e Arquitetura, destacando-se o sociólogo Niklas Luhmann³⁶, o filósofo Gilles Deleuze³⁷, o cientista político Antonio Negri³⁸, o advogado Gunther Teubner³⁹ e o arquiteto e matemático Patrik Schumacher⁴⁰.

No que tange a área temática desta tese, Patrik Schumacher defende que a Arquitetura é um sistema de comunicação (sistema autopoietico), que pode ser adequadamente apreendida se for analisada como rede autônoma de comunicações que engloba três categorias: Artefatos (objeto, edifícios, espaços urbanos, entre outros), conhecimentos (saber técnico/científico) e práticas (experiência) - todos entendidos como comunicações que se conectam umas às outras em um processo recursivo contínuo, estruturando uma análise abrangente da disciplina, em termos de seus conceitos, métodos e valores mais fundamentais (SCHUMACHER, 2011).

Esta teoria foi denominada de Teoria da Autopoiese Arquitetônica e descreve a arquitetura como subsistema distinto da sociedade, entendida como um sistema sui generis de comunicação, gerando um novo arcabouço teórico capaz de auxiliar profissionais, estudantes e cientistas na compressão do espaço urbano e suas partes (SCHUMACHER, 2011).

Sistemas Emergentes

O termo Sistemas Emergentes foi popularizado por Steven Johnson no livro “Emergência: a dinâmica de rede em formigas, cérebros, cidades e *software*”, lançado no início do século XXI. Segundo Johnson (2002), os sistemas emergentes são sistemas adaptativos complexos que exibem comportamentos emergentes, ou seja, caracterizam-se por resolver problemas, aparentemente, de “forma espontânea”. Nesses sistemas, a solução não depende de

³⁶ Niklas Luhmann. foi um sociólogo e teórico social alemão que se destacou por seus estudos envolvendo a sociocibernética.

³⁷ Gilles Deleuze foi um filósofo francês que escreveu numerosos escritos sobre filosofia, literatura, cinema e arte.

³⁸ Antonio Negri é um cientista político italiano e um dos principais representantes da corrente neomarxista do operismo.

³⁹ Gunther Teubner é um advogado e sociólogo alemão conhecido por seus trabalhos no campo da Teoria Social do Direito.

⁴⁰ Patrik Schumacher é um arquiteto, matemático e filósofo alemão que se destacou por produzir trabalhos relacionados a computação paramétrica e estudar a Autopoiese dentro da Arquitetura.

uma inteligência centralizando as ações que serão tomadas pelo sistema para solucionar alguns tipos de situações (hierarquia), como por exemplo colônias de formigas e fungos que neutralizam ações de agentes agressores, neurônios que transmitem impulsos elétricos, ou comunidades urbanas (em bairros) que desenvolvem estruturas (Figura 6, abaixo), comportamentos e culturas próprias.

Figura 6: Representação lúdica da estrutura da cidade Emergente.



Fonte: HÉLIE (2016).

Apesar da aparente falta de organização na forma de instruções, leis ou uma autoridade, o comportamento individual começa a produzir um comportamento coletivo (padrões comuns de interação organizacional) à medida que a escala aumenta. De origens simples sem qualquer guia ou plano, chega-se a uma complexidade crescente que leva à adaptação (auto-organização), gerando um maior nível de ordenação e criando mutualidades emergentes, dependendo das condições em que se encontram (JOHNSON 2002).

Segundo a escritora Jane Butzner Jacobs⁴¹, as cidades são um grande exemplo de um sistema emergente, pois mesmo que não tenham sido planejadas, criam uma organização espontânea que corresponde às necessidades da época e do ambiente em que são criadas, e se alteram à medida em que se abre o caminho para a mudança de estilo de vida da população (JACOBS, 1961).

⁴¹ Jane Butzner Jacobs foi uma escritora e ativista política canadense que se destacou por produzir críticas sociais e urbanas no Estado Unidos.

A cidade emergente não resolve problemas, ela promove o ambiente e se adapta para que se resolva uma diversidade infinita de pequenos problemas que a população enfrenta. É possível encontrar, nas áreas urbanas, inúmeros padrões sociais, culturais e estruturais que as compõem. Por isso, é possível perceber tanta diversidade, pois a mistura entre diferentes padrões permite obter múltiplos resultados.

Teoria da Complexidade

Seguindo o avanço Teórico do século XX, a Teoria da Complexidade é formulada nos anos 1990. Também chamada de Ciência da Complexidade, na verdade não é uma teoria, mas um complexo de teorias (tais como a TGS, a Teoria do Caos, Sistemas em Rede, estudo dos Fractais, entre outros), em que o foco essencial é o estudo dos sistemas dinâmicos não-lineares cujo comportamento imprevisível contraria o mecanicismo clássico, sem simplificação e sem reducionismo, proporcionando uma visão mais aproximada da realidade (WILDEN, 2001).

Fundamentada numa visão interdisciplinar, pode ser aplicada ao comportamento emergente de sistemas como a Autopoiese. Por envolver aplicações tão variadas e tão distintas umas das outras, é utilizada pelo mercado financeiro na avaliação de modelos econômicos globais, em modelos matemáticos de Estudo do Clima em Meteorologia, pelo mercado da aviação civil no controle do tráfego aéreo, na medicina no controle de doenças e epidemias, entre outros, sendo aplicada em variadas áreas do pensamento humano (ESTRADA, 2013).

A Teoria da Complexidade declara que a realidade é inacabada, um eterno e caótico fluir, fractal e difusa, e por isso deve ser visualizada tanto de forma quantitativa quanto qualitativa; tal qual devemos reconhecer as múltiplas conexões entre os componentes que fazem parte do que chamamos de realidade, também se reconhecem sua incompletude e sua incerteza.

Diante disso, examinar de maneira isolada cada um dos componentes se torna uma atitude reducionista. Além de examinar os componentes da realidade, é importante também analisar seus relacionamentos (interdependência de todos os fenômenos), pois – na visão complexa do mundo – cada um dos componentes está relacionado e é afetado pelas ações e ideais de todos os demais (MORIN, 2006), retornando às aproximações da noção de interdependência referidas nos âmbitos da TGS, da Autopoiese e da Emergência.

Segundo Friedrich Hayek⁴² uma das principais vantagens da aplicação da Teoria da Complexidade é sua capacidade de prever o comportamento de sistemas complexos por meio

⁴² Friedrich August von Hayek (1899-1992) foi um economista e filósofo austríaco, posteriormente naturalizado britânico. É considerado um dos maiores representantes da Escola Austríaca de pensamento econômico.

de modelagem. Fenômenos complexos, por meio de modelagem, só podem permitir previsões de padrões, em comparação com as previsões precisas que podem ser feitas de fenômenos não complexos (MARIUTTI, 2014).

Assim, com base em ORMAND (2022) e outros autores indicados, sistemas complexos podem ter as seguintes características:

- Sistemas complexos podem ser abertos e estão frequentemente longe do equilíbrio, mas pode haver estabilidade de padrões pontuais;
- Sistemas complexos tendem a alimentar uma rede dinâmica de multiplicidade onde os sistemas, por menor que sejam, geram interações, que podem gerar consequências e alterações no todo;
- Sistemas complexos exibem várias características definidoras, incluindo *feedback*, variáveis fortemente interdependentes, extrema sensibilidade às condições iniciais, geometria fractal e criticidade auto-organizada, múltiplos estados metaestáveis e uma distribuição não-Gaussiana de saídas (KASTENS et al., 2009);
- Os sistemas complexos são compostos por numerosos elementos, partes ou agentes que se relacionam mutuamente, definidos pela estrutura do sistema, pelos tipos de interações presentes e pela dinâmica e padrões que emergem dessas interações (HERBERT, 2006);
- Um sistema complexo é um grupo de "agentes" (unidades individuais de interação, como pássaros em um bando, grãos de areia em uma ondulação ou as unidades individuais de atrito ao longo de uma zona de falha), existindo longe do equilíbrio, interagindo por meio de *feedbacks* positivos e negativos, formando redes interdependentes, dinâmicas, evolutivas, que são dependentes sensíveis, organizadas de maneira fractal, e exibem comportamento de avalanche (mudanças abruptas) que seguem distribuições de lei de potência (FICHTER, 2010);
- Sistemas complexos são aqueles com muitas variáveis fortemente interdependentes. Isso exclui sistemas com apenas algumas variáveis efetivas, do tipo que encontramos na dinâmica elementar. Também exclui sistemas com muitas variáveis independentes; aprendemos como lidar com elas na mecânica estatística elementar. A complexidade aparece onde o acoplamento é importante, mas não congela a maioria dos graus de liberdade (BOCCARA, 2004);

- Complexidade ecológica refere-se à interação complexa entre todos os sistemas vivos e seu ambiente, e propriedades emergentes de uma interação tão intrincada. O conceito de complexidade ecológica enfatiza a riqueza dos sistemas ecológicos e sua capacidade de adaptação e auto-organização. O complexo, interações não lineares (comportamentais, biológicas, químicas, ecológicas, ambientais, físicas, sociais, culturais) que afetam, sustentam ou são influenciadas por todos os sistemas vivos, incluindo os humanos. para explicar e, em última análise, prever o resultado de tais interações. A complexidade ecológica também pode ser pensada como biocomplexidade no ambiente (LI, 2004);
- Sistema complexo é um sistema com vários componentes e interconexões, interações ou interdependência que são difíceis de descrever, entender, prever, gerenciar, projetar e/ou mudar (MAGEE; DE WECK, 2004);
- O estudo de sistemas complexos requer uma abordagem sistêmica. Tal abordagem foca no arranjo e nas relações entre as partes, que as conectam em um todo (BERTALANFFY, 1968). Essa abordagem é necessária por duas razões: primeiro, as propriedades do sistema emergem em um nível superior como resultado de interações entre os componentes do sistema (BERTALANFFY, 1968; HOLLAND, 1998) e segundo, o próprio padrão emergente exerce uma causação descendente no nível inferior do qual emergiu (RAIA, 2005).

Desde 1960, em todas as áreas, inclusive na arquitetura, pesquisadores tem se esforçado em traduzir um intrincado universo de relações de seus campos com a Ciência, a Filosofia e o avanços epistêmicos (RIBEIRO; PRATSCHKE, 2005). Quando examinamos detalhadamente o processo de *design*, o próprio processo que leva ao objeto arquitetônico é um sistema que pode ser compreendido a partir da complexidade. Em outras palavras, pode-se inferir que o projeto "resume vários pressupostos morinianos tais como a incerteza, o acaso, a participação, o trabalho e a decisão conjunta e a possibilidade de erro ou incompletude" (BRANDÃO, 2014, p.208). Assim sendo, a questão da complexidade e da transdisciplinaridade da arquitetura como uma alternativa não reducionista, um modo de pensar o processo de projeto como ambiente de interação, procurando encontrar os atores desse processo, se revela um importante meio capaz de viabilizar a prática arquitetônica.

As características básicas de sistemas complexos podem funcionar como ferramentas conceituais efetivas para transformar a compreensão e orientar a articulação do processo de

projeto em arquitetura, pois os arquitetos podem incorporar em seu modo de pensar e fazer espaços de quaisquer naturezas, princípios do pensamento complexo, contribuindo para uma compreensão da arquitetura como um objeto de estudo e de trabalho complexo (RIBEIRO; PRATSCHKE, 2005).

Grafos

De outra parte, cabe relacionar que Leonhard Euler, matemático e físico suíço, de língua alemã, fundou a Teoria dos Grafos e iniciou os estudos sobre a topologia no final do século XVIII. Resume-se aqui seu proeminente trabalho ao que interessa esta tese.

Grafos são representações diagramáticas (que podem ser visuais ou ser construções mentais) entre relações de entidades, em geral na forma de vértices e eixos que os conectam (WILSON, 1996). Embora os estudiosos da Teoria dos Grafos não utilizem uma linguagem comum, um grafo G pode ser definido como um conjunto $V(G)$ não vazio, finito, de elementos chamados Vértices e um número finito não necessariamente ordenado de pares de elementos chamados eixos $E(G)$ que podem correlacionar ou não os vértices. Seguem os conceitos matemáticos que se acumularam desde os estudos de Euler.

A função do grafo é permitir a compreensão entre o que são os vértices e os eixos, (entidades e suas relações) deduzindo propriedades descritivas e prescritivas (WEST, 2017). De um certo ponto de vista, o ambiente pode ser visto como um universo de nexos de equipamentos para habitar e onde, de modo abstrato, cada vértice é um sistema com seus subsistemas – ou, como concebeu Heidegger⁴³ (1962) um equipamento composto por outros equipamentos. As conexões destes sistemas expressam relações entre si (de trocas, dependências ou conflitos). A isso Heidegger chamou de “*equipmental nexus of the things*” (tradução autorizada por ele para os editores John Macquarrie; Edward S Robinson em "Being and Time, 1962).

O nexos das coisas, adota-se aqui esse termo, confere a cada sistema sua realidade contextual, mais do que um contexto cultural dado no tempo ou espaço. Ou seja, o que uma coisa é depende de sua funcionalidade contextual. O nexos equipamental (*equipmental nexus*) das coisas provoca um tipo de experiência perceptiva sobre o meio ambiente – quando equipamentos estão faltando ou funcionando mal, tornam-se vértices conspícuos e visíveis do

⁴³ Martin Heidegger foi um Filósofo alemão conhecido, entre outras coisas, por contribuições à fenomenologia, hermenêutica e existencialismo. Heidegger está entre os filósofos mais importantes e influentes do século XX.

grafo que compõem. Ao contrário, quando o sistema funciona totalmente, retrocedem em nossa consciência e tornam-se invisíveis (WILSON, 1996).

O funcionamento de todo o conjunto do Grafo G provoca nos seres humanos envolvidos o que Heidegger chamou de “circunspeção”, um tipo de percepção e cuidado com as coisas que não implica em uma atenção deliberada do que se está fazendo, mas provoca uma atitude mental de que na qual sujeito e objeto são indistinguíveis da totalidade naquele momento. Este estado mental corresponde à habilidade, que dá uma aparência robótica no uso dos equipamentos, mas ao contrário, refere-se à extrema facilidade de operá-lo.

Ao se utilizar esses conceitos, é razoável pensar que tanto os espaços arquitetônicos quanto os urbanos podem ser apreendidos como categorias conceituais idênticas, o que significa que são equipamentos interligados, cuja finalidade final seria permitir que os agentes humanos habitem a terra. A paisagem natural é, assim, um fundo composto por entidades “presentes-à-mão”, sobre as quais os espaços construídos são entendidos como figuras.

No que diz respeito aos estudos arquitetônicos e urbanísticos, Norberg-Schulz (1980) destacou que o valor simbólico do espaço construído, relacionado à paisagem, é uma relação semelhante ao conceito de figura e fundo, que ele tomou emprestado da Gestalt (KOFFKA, 2013). Significa que a ideia de que a totalidade do ambiente humano é muito mais complexa do que a simples ideia de que essa totalidade é uma soma desses dois termos, figura e fundo.

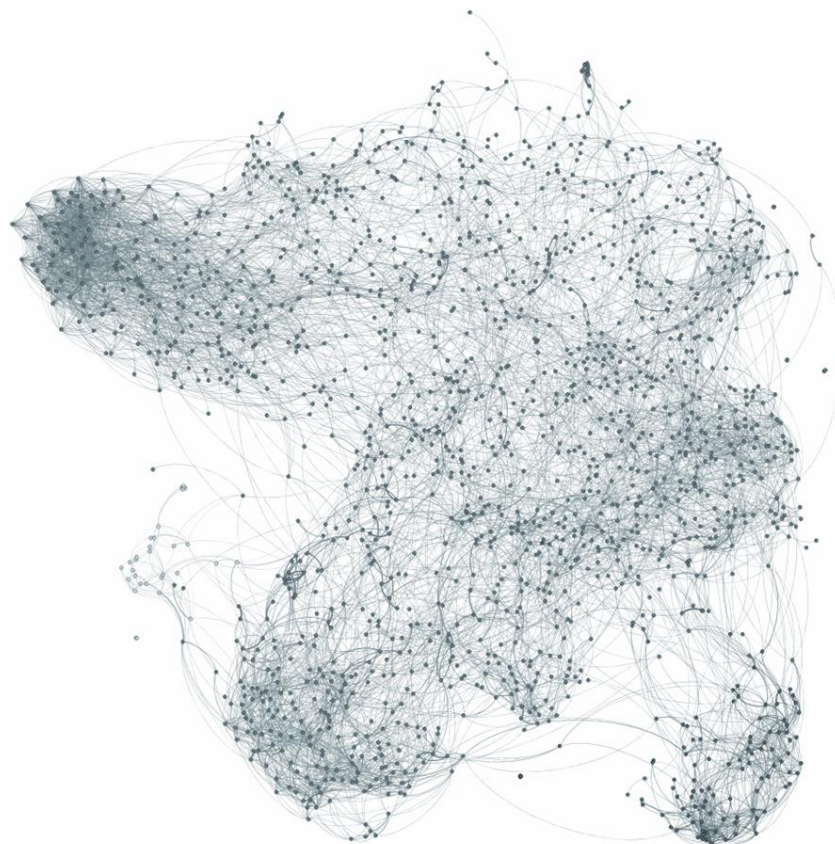
Norberg-Schulz indicou também que era preciso entender que a estrutura do ambiente é semelhante a um universo de vértices ligados, que seria composto por lugares naturais e por lugares feitos pelo homem. As ligações entre os dois domínios representam uma gradação contínua do ambiente natural para o ambiente construído. Assim, o conceito de harmonização estaria muito mais relacionado a uma ligação gradual e contínua de valores dados pelos seres humanos, indo das estruturas do ambiente natural às estruturas do ambiente humano do que uma busca por um novo tipo de pesquisa estética.

Norberg-Schulz (1971) apontou a necessidade de uma definição conceitual semelhante ao que Heidegger chamou de nexos de equipamentos, significando uma conexão entre o interior de um lugar e sua transição coerente para o mundo natural externo. Até aqui compreende-se que essa transição pode ser uma transição coerente e contínua classificada em pelo menos três categorias: simbólica, funcional e tecnológica. Através dessas categorias pode-se ver e analisar os lugares de forma coerente, com transições coerentes do seu interior para o seu exterior, mas sempre sustentando a sua função principal de habitação. Assim, podemos entender que a harmonização entre lugares naturais e construídos, entre paisagem e cidade, dependeria dessa transição, ou seja, seria a coerência entre seus elementos simbólicos, seus fatores e recursos

funcionais, seus recursos construtivos e cenário tecnológico. Todo o ambiente, quando se busca por integridade, propiciaria que os lugares construídos apresentassem funcionalidade e permitissem ser mais gerenciáveis no consumo de recursos, proporcionando uma conexão significativa com o mundo natural. A descontinuidade ambiental seria o principal problema que resulta em poluição, caos visual, desorientação e falta de identidade nos grandes centros urbanos (SOUZA; MALARD, 2010).

Na vida privada hoje em dia essa descontinuidade é dada pelo estilo das casas dos “*parvenus*”, termo francês pejorativo para se referir as “pessoas de origem obscura que ganharam riqueza ou influência”, com seus interiores parecendo museus, desvinculados do mundo e isolados, demonstrando a citação inglesa que diz “minha casa é meu castelo”. Essas porções insulares de lugares desconexos, espalhados pelo mundo, obstruiriam a continuidade ambiental como nódulos de contraste, emoldurados por espaços sem sentido como rodovias cansativas e áreas inabitáveis com paisagens destruídas pela exploração humana (NORBERG-SCHULZ, 1980).

Figura 7: Um hipotético grafo da realidade.



Fonte: Wilden (2001).

Estudando aqui os modelos, é comum encontrar Grafos tridimensionais esféricos talvez esclarecendo sua relação com a superfície da terra. Mas, uma observação mais cuidadosa mostrará que as propriedades topológicas dos vértices permitem sua aproximação ou segregação conforme o atributo que esteja sendo estudado. Isso pode apresentar um grafo tridimensional como o que se vê na Figura 7 (p.46) para complementar o modelo de um território plano que possui inúmeros vértices e eixos que os conectam.

3.2. O Modelo e o Observador

As ciências não procuram explicar, dificilmente tentam interpretar, mas fazem principalmente modelos. Por modelo entende-se uma construção intelectual que, com a adição de certas interpretações verbais, descreve fenômenos observados. A justificativa de tal construção é única - precisamente espera-se que ela funcione - isto é, ela descreve corretamente os fenômenos de uma área razoavelmente ampla (VON NEUMANN, 1955, p.44, tradução do autor).

Observa-se agora a modelagem sob o ponto de vista da cognição e da consciência. A etimologia da palavra “modelo” vem do latim vulgar *modellus* (1570), de *modulus* - uma pequena medida, padrão, diminutivo de *modus*, maneira, meça (da raiz torta “med”, “medir” - tomar medidas apropriadas). Evoluiu até 1630 com o sentido de um padrão para imitação ou comparação de alguma coisa ou pessoa que servia para facilitar testes dos fenômenos que representavam. A etimologia da palavra pode ajudar a ilustrar a evolução das representações utilitárias do “real” (HARPER, n.d.).

Nesta pesquisa considera-se que modelo é a representação de um conjunto de partes coordenadas (informações) para atingir um conjunto de objetivos. Trata-se de partes interagentes que podem, por exemplo, ser mapeadas e determinar a organização estrutural do sistema, a finalidade de cada parte e suas medidas de rendimento (BERTALANFFY, 1968).

Bandler⁴⁴ e Grinder⁴⁵ (1976) apontam que cada indivíduo constrói um modelo da realidade para si próprio, que é criado por ele a partir de suas emoções nas suas experiências. Toda percepção é diferente devido aos filtros culturais, neurológicos, sociais e individuais existentes, por meio dos quais acessamos as informações. Desta forma, define-se o "modelo da

⁴⁴ Richard Wayne Bandler é um autor e consultor americano que fundou a abordagem de programação neurolinguística para psicoterapia na década de 1970.

⁴⁵ John Thomas Grinder Jr é um linguista americano, co-criador da programação neurolinguística..

realidade", possível de ser comunicado por meio da linguagem, como uma "Estrutura Superficial" da experiência de um observador (BANDLER; GRINDER, 1976).

Neste mesmo sentido, Maturana indica que

Um observador é um ser humano, uma pessoa, um sistema vivo que pode fazer distinções e especificar aquilo que ele distingue como uma unidade, como uma entidade diferente de si mesmo, e que pode ser usado para manipulações ou descrições em interações com outros observadores. Um observador pode fazer distinções em ações e pensamentos, e recursivamente, e é capaz de operar como se ele fosse externo (distinto das) circunstâncias nas quais se encontra. Tudo o que é dito, é dito por um observador a outro observador, que pode ser ele ou ele mesmo (MATURANA, 1978, p. 31).

Na psicologia, pondera-se que o modelo de mundo de uma pessoa pode não funcionar, ou seja, pode não prever o que irá acontecer e/ou como ela deve se comportar. Ela terá que buscar ajustes para esse modelo no campo da psicologia e da Psicanálise. Seja como for, perceber a informação e torná-la uma narrativa é um trabalho difícil e dispendioso, e os exemplos são vários.

Uma ilustração clássica ocorre em Shakespeare, na sua última comédia (1623), *The Tempest*. Próspero, rei usurpado de Nápoles, afiliado ao ocultismo, é atirado numa ilha deserta, onde passa a controlar os elementais (espíritos). Na ocasião em que vê seus usurpadores aproximarem-se da ilha, ordena a Ariel, espírito do ar, que promova uma tempestade. Os elementais deformam o modelo da realidade percebida de todos na ilha onde o barco, partido em duas partes, encalha. Sua filha, Miranda, ao lado de Calibã, espírito da terra, chega em uma praia arrasada, e mesmo assim exclama, ao ver seu primo se aproximando, salvo: “Que admirável mundo novo⁴⁶!” (SHAKESPEARE, 1623).

Esse artifício inspira Aldous Huxley a experimentar mescalina, e passear pelas galerias da *National Gallery* em Londres, gravando suas percepções dos quadros que via (experiência psicodélica). Com isso, em 1954 publicou “As portas da percepção”, obra em que comenta a distorção da modelagem do real a favor de uma questão ética, e relembra os insights que experimentou, desde a "visão puramente estética" até a "visão sacramental", e reflete sobre suas implicações filosóficas e psicológicas (HUSLEY, 2021).

Huxley publica também o romance “Admirável mundo novo”, onde uma sociedade inteira tem o modelo de mundo controlado através de uma droga (o soma), e onde é possível viver somente até aos 40 anos. Esta obra literária debate sobre manipulação psicológica do

⁴⁶ Traduzido de: “*Oh wonder! How many goodly creatures are there here! How beauteous mankind is! Oh brave new world, That has such people in 't.*” editora Oxford Paperbacks, 2008.

condicionamento clássico e prenuncia a evolução da ciência reprodutiva, que se combinam para alterar a estrutura da sociedade. Em 1956, publicou *Heaven and Hell*, outro ensaio em que aprofunda essas reflexões. As duas obras têm sido muitas vezes publicadas juntas em edições e traduções posteriores; o título de ambos advém do poema *The Marriage of Heaven and Hell* (1973), de William Blake. O trabalho gerou polemica pois considera o uso de psicodélicos como uma porta de entrada para aberturas místicas, com benefícios potenciais para a ciência, religião e arte. Alguns acharam os argumentos válidos, porém outros, como o autor Thomas Mann e o filósofo Martin Buber contestaram que o papel do psicodélico dizendo que o seu efeito é subjetivo e duvidoso.

Criar modelos é uma atividade em que pesquisadores objetivam recriar uma parte ou características específicas da realidade experimentada por eles, em escala ou não, concreta ou abstrata, tornando sua narrativa sobre os fenômenos mais fácil para ser compreendida por um determinado grupo de pessoas; em geral, cientistas. Por meio do modelo, tenta-se explicar, entender, definir, quantificar, visualizar ou simular os fenômenos percebidos, sempre ancorando-os aos conhecimentos aceitos temporariamente (BERTALANFFY, 1968; CHURCHMAN, 1968).

Na Neurolinguística, assume-se que, durante um processo de comunicação, ocorrem três tipos de filtros cognitivos (normalmente inconscientes) que nos ajudam a entender o mundo ao nosso redor e a interagir com ele: a Deleção, a Distorção e a Generalização dos dados que podem ser enviados ou recebidos pelo indivíduo (BANDLER; GRINDER, 1976).

A Deleção, ou eliminação, é a nossa capacidade em eliminar ou ignorar dados, nos ajudando a focar no conteúdo relevante. A Distorção, por outro lado, nos ajuda a adaptar os dados de maneira que sejam mais bem aceitos pelo nosso mapa prévio pois o que interpretamos dos dados que recebemos são apenas distorções da nossa própria realidade. A categoria da Generalização é o que nos permite comparar e agrupar as coisas (dados), para que sejamos capazes de associá-los e construir um raciocínio lógico (BANDLER; GRINDER, 1976).

Para a criação de modelos, é necessário selecionar e identificar suas prováveis distorções e, em seguida, usar diferentes tipos de configurações (ordens concretas) para perceber os diferentes modelos conceituais (ARNHEIM, 2004). Assim os modelos da informação podem ser diversos, tais como os modelos operacionais para gestão, modelos matemáticos para quantificação, modelos computacionais para simulação e visualização da realidade por meio de gráficos, modelos ambientais para verificar a interferência do meio ambiente que, quando se trata de um modelo que observa ambiente e saúde, pode ser derivado para um Modelo Ambiental de Saúde. Podemos ainda citar os Modelos de sondagem, modelos de

desenvolvimento, modelos explicativos, modelos empobrecidos, modelos de teste, modelos idealizados, modelos teóricos, modelos em escala, modelos heurísticos, modelos de caricatura, modelos didáticos, modelos de fantasia, modelos preditivos, modelos de brinquedo, modelos imaginários, modelos substitutos, modelos icônicos, modelos formais, modelos analógicos e modelos instrumentais. Estas são apenas algumas das noções que são usadas para categorizar modelos (DE LANGHE; HARTMANN; SPRENGER, 2014).

3.3. Sistêmica

A TGS foi mencionada anteriormente. Aqui, torna-se a ela para elucidar sua evolução no contexto contemporâneo de avaliação do sistema. A Sistêmica é uma iniciativa para estudar sistemas, uma tentativa de desenvolver paradigmas e estruturas lógicas, matemáticas, de engenharia e filosóficas nas quais sistemas físicos, tecnológicos, biológicos, sociais, cognitivos e metafísicos podem ser estudados e modelados. O termo "sistêmica" foi cunhado na década de 1970 por Mário Bunge e outros, como um paradigma alternativo para pesquisas relacionadas à TGS e à Ciência dos Sistemas (BUNGE, 2019).

O sistemismo ontológico defendido por Bunge postula que toda coisa concreta é um sistema ou um componente de algum outro sistema estruturado e complexo, cujas partes se relacionam entre si por meio de ligações (estrutura). Além disso, os sistemas são caracterizados por possuírem propriedades globais (emergentes ou sistêmicas) que suas partes componentes não possuem (BUNGE, 2019). No mesmo sentido Bertalanffy (1968) destaca que cada um dos elementos, ao serem reunidos para constituir uma unidade funcional maior, desenvolvem qualidades que não se encontram em seus componentes.

Os sistemas são grupos coesos de partes inter-relacionadas e interdependentes que podem ser naturais ou feitas pelo homem. Uma realidade pode ser estudada pela TGS para verificar suas características e transportá-las para um modelo desta realidade através das características sistêmicas. Além disso os sistemas apresentam duas importantes características: seu ambiente e suas condições fixas. Ou seja, todo sistema é limitado por espaço e tempo, influenciado por seu ambiente e, além disso, definido por sua estrutura e propósito, e expresso por meio de seu funcionamento (CHURCHMAN, 1968).

Tanto a elaboração quanto a interpretação de sistemas dependem de uma variedade de fatores, experiências e conhecimentos, e o esquema mecanicista das séries causais isoláveis e

do tratamento em partes separadas mostram-se insuficientes para responder aos problemas teóricos, especialmente no que tange as ciências biossociais e os problemas práticos propostos pela tecnologia moderna. Bertalanffy não concordava com a visão cartesiana do universo, onde os estudos seriam divididos por áreas distintas. Desta forma os sistemas devem ser estudados globalmente, de forma a envolver todas as suas interdependências (BERTALANFFY, 1968).

Para avaliar um sistema e narrar, em detalhes, aquilo que o modelo é, definindo o ambiente em que o modelo se encontra, sua finalidade, e como é mantido pelas atividades das suas partes, considerando que a informação é concreta, e os modelos são abstrações intelectuais que reúnem aspectos físicos e matemáticos dos fenômenos, recomenda-se utilizar as cinco considerações básicas que constituem o significado de um sistema completo na TGS (BERTALANFFY, 1968; CHURCHMAN, 1968), descritas nos parágrafos seguintes.

Primeira consideração: sobre os objetivos totais dos sistemas e as medidas de rendimento do sistema inteiro. Não é fácil determinar os objetivos reais de um sistema. Sua real importância carece ser questionada e os cientistas fazem uma transformação desse enunciado de objetivos mesclando-o com medidas específicas de rendimento do sistema global. Assim podemos falar de objetivos declarados e de objetivos gerais. Uma análise permitirá revelar as inconsistências de objetivos meramente declarados.

Os custos para se atingir os objetivos devem ser incluídos nas medidas do rendimento, pois os cientistas devem procurar encontrar o máximo de consequências que estes custos trarão para o sistema. Como exemplo, um modelo ambiental pode ter seus objetivos declarados como a busca de melhoria do bioma quando, no entanto, visa monitorar a deterioração ambiental produzida pela população (CHURCHMAN, 1968).

Segunda consideração: sobre o ambiente do sistema e suas coações fixas. De maneira geral, pode-se definir o exterior (ambiente) do sistema como tudo aquilo que está fora do próprio sistema, mas não é tão simples assim. Estar dentro ou fora do ambiente é muito mais do que simplesmente estar dentro de uma determinada linha de limite. O ambiente é algo que está fora do controle do sistema, mas é também algo que determina, em parte, seu funcionamento, podendo ser material ou imaterial (clima, normas superiores, programas computacionais, entre outros) (CHURCHMAN, 1968).

A demanda pelo produto de uma empresa, por exemplo, é determinada pelas pessoas de forma individual, situadas fora do sistema. Então a demanda é parte do ambiente do sistema pois é um "dado externo", como no caso de uma empresa que precisa desenvolver projetos, mas que depende da demanda externa de clientes que influenciam sua natureza e funcionamento (ARAÚJO; GOUVEIA, 2016).

As coações fixas constituem coisas ou regras que o sistema não consegue alterar, como por exemplo a variação da temperatura local, ou a composição geológica de solo onde será construída uma edificação, as normas sobre parcelamento e uso de solo de uma prefeitura. Observe-se que a temperatura, o tipo de solo e as regras governamentais não são alteradas pelo sistema, mas determinam, em parte, o funcionamento do sistema (BERTALANFFY, 1968).

Terceira consideração: sobre os recursos do sistema. Os recursos dos sistemas estão, de fato, dentro do sistema, são as formas como o sistema avalia o desempenho de suas tarefas (equipamentos, dinheiro, software, hora/homem). Os recursos, ao contrário do ambiente, podem ser alterados pelo sistema. O sistema pode, por exemplo, definir onde serão investidos seus recursos e quais ferramentas serão utilizadas (CHURCHMAN, 1968). Os recursos são uma espécie de reservatório geral a partir do qual as ações específicas podem ser formadas. Na montagem de um modelo computacional pode-se por exemplo definir quais equipamentos serão utilizados, como Drones, câmeras térmicas, software de processamento, hardware e número de pessoas na equipe (ARAÚJO; GOUVEIA, 2016).

Quarta consideração: sobre os componentes do sistema, suas atividades, finalidades e medidas de rendimento. As ações específicas são recebidas e processadas pelos componentes, pelas partes do sistema (subsistemas). Os componentes do sistema não devem ser analisados a partir de divisões de áreas ou individualmente, mas sim a partir da "missão" ou "tarefa" que desempenham e de como cada "atividade" contribui com a totalidade do sistema.

É importante tentar mensurar a contribuição do componente com o todo (CHURCHMAN, 1968). Como exemplo, pode-se citar o sistema circulatório presente no corpo humano. Embora se possa entender o coração como um componente (o que de certa forma é verdade), deve-se ir além, sendo necessário considerar que o componente é a "irrigação dos órgãos" com sangue, transportando oxigênio, nutrientes e hormônios, com a finalidade de manter os órgãos funcionando e saudáveis, pois esta é a missão do coração dentro de todo o conjunto. A medida de rendimento pode ser avaliada, por exemplo, ao aferir o volume de sangue transportado em determinado período, ou pela pressão arterial (BERTALANFFY, 1968).

Quinta consideração: sobre a administração do sistema. A administração do sistema determina a finalidade dos componentes e define questões como a alocação de recursos e as formas de controle. Isso permite criar planos e diretrizes, e assegura que os planos sejam executados de acordo com as ideias originais. É também função da administração garantir que as "narrativas das informações" que afetam o conjunto sejam transmitidas com conteúdo e tempos adequados (CHURCHMAN, 1968). Na elaboração de um plano de ensino, por exemplo, o professor (administração) pode definir qual será o local da aula (ambiente), as

ferramentas utilizadas (recursos), o tema e a função de cada conteúdo (componentes), aferir a compreensão do conteúdo pelos alunos e pode definir o método de avaliação (medida de rendimento) (BERTALANFFY, 1968).

Face ao exposto, este trabalho considera os impactos advindos das teorias dos pensadores do conhecimento sobre as práticas científicas que guiam as discussões e pesquisas na atualidade. Reconhece-se, desta maneira, a importante correlação entre o estudo do conhecimento, seus modelos e o estudo desses modelos.

No próximo capítulo, apresenta-se a metodologia de pesquisa utilizada nesta tese, construída com a finalidade de permitir que o pesquisador pudesse alcançar os objetivos propostos e verificar as hipóteses levantadas no trabalho.

4. METODOLOGIA

Apresenta-se neste capítulo a discussão metodológica a partir da qual se desenvolveu este trabalho, proposta na busca de estabelecer relações entre fatos e teorias que explicam e sustentam o funcionamento dos modelos avaliados. Como a tese recorre a quadros epistemológicos contemporâneos, tenta-se esclarecer a consequência deste tipo de abordagem para a modelagem da informação e reconhecer crítica e analiticamente – nos estudos de caso – suas falhas e sucessos.

A escrita desta tese foi orientada com a intenção de apresentar os conceitos, as ideias, a metodologia e as conclusões de uma forma clara e fundamentada, dando ao leitor a oportunidade de aferir as construções mentais que influenciaram as interpretações do pesquisador. Há de se ter em mente, porém, que a abordagem interpretativa reconhece a importância da subjetividade do investigador na condução da investigação e na narrativa dos acontecimentos e resultados. O investigador, assim, não se separa dos fenômenos que observa e relata, dotando de maior complexidade o profundo trabalho desenvolvido.

Como se viu, a revisão bibliográfica foi embasada em pesquisas e teses consolidadas. Em seguida, são propostos quatro estudos de casos, apresentados no Capítulo 5 (cf. p. 59) ligados à arquitetura, urbanismo, saúde e meio ambiente. Em cada um deles, tentou-se gerar modelos cujas estruturas e partes pudessem ser aferidas.

No primeiro estudo de caso, foi abordada a modelagem paramétrica de projetos de Arquitetura e Engenharia com a utilização de um *software* BIM (cf. p. 59).

No segundo estudo de caso, foi realizada a modelagem computacional da área externa do colégio Estadual Governador Milton Campos, em Belo Horizonte - MG, Brasil, com o uso de VANT's, nuvem de pontos e câmeras térmicas em busca de possíveis focos do mosquito *Aedes Aegypti* (cf. p. 78).

No terceiro estudo de caso, foi proposto um experimento para prever o contágio do Covid-19, também em Belo Horizonte – MG. O modelo foi elaborado por meio da sobreposição de mapas e de informações de referências bibliográficas (cf. p. 103).

No quarto estudo de caso, são apresentados os resultados de uma pesquisa exploratória sobre o nomadismo, estudando uma tribo Boliviana-Peruana (Uros). Numa viagem ao local, os dados foram coletados e posteriormente tratados de modo a implementar um modelo, uma tentativa de parametrização e composição de soluções para modelos biofísicos nos domínios do meio ambiente (cf. p. 118).

Após a construção do referencial bibliográfico e dos estudos de caso, com a finalidade de alcançar os objetivos propostos (cf. p. 21) e responder ao problema apontado na Tese (cf. p. 20), buscou-se verificar as hipóteses levantadas (cf. p. 22), através da composição de um quadro epistemológico, denominado de Concretude da Modelagem. Este quadro compreendeu pensamentos relacionados ao método hipotético-dedutivo (Karl Popper), à TGS (Bertalanffy), à Autopoiese (Humberto Maturana e Francisco Varela), à Emergência (Steven Johnson), à Teoria da Complexidade (Anthony Wilden e Edgar Morin), todos apoiados pelo ferramental da análise dos Grafos (Euler).

4.1. Concretude da Modelagem: Quadro epistêmico proposto para análise de modelos complexos

Este quadro inicia-se com a aplicação do método hipotético-dedutivo e o racionalismo crítico de Karl Popper. Assim como Popper, acredita-se que o conhecimento científico se inicia a partir da identificação do problema (através de uma observação cuidadosa e crítica), da criação das hipóteses a serem testadas (na tentativa de refutá-las) através de testes científicos (experimentos, estudos de caso, revisões bibliográficas, dentre outros). Considera que o ato da observação não é neutra e depende do observador, que traz consigo uma bagagem de preconceitos. Admite que não podemos confiar plenamente em nossos sentidos ao fazer ciência pois nossas próprias experiências e limitações podem interferir no resultado. Aceita que não podemos provar a veracidade de uma teoria, mas sim falseá-la (a verdade absoluta seria crença ou fé) e que as conjunturas são construídas na tentativa de buscar soluções provisórias. Aceita-se que não é possível chegar a generalizações a partir de observações particulares (empirismo), pois, por maior que seja a amostra, sempre haverá uma possibilidade de haver um elemento com características distintas.

Juntamente com a aplicação Popperiana, busca-se a compreensão do funcionamento do modelo a partir da lógica da Teoria Geral dos Sistemas para investigar os componentes do modelo, suas relações, dinâmicas, princípios, propósito, métodos e ferramentas. Desta maneira, é necessário avaliar os objetivos totais dos sistemas e suas medidas de rendimento, seu ambiente e suas coações fixas, seus recursos, seus componentes, suas atividades, finalidades e a administração do sistema.

Prosseguindo a aplicação, avalia-se se o modelo apresenta propriedades Autopoiéticas (de conservação e adaptação), aferindo se possuem uma rede de produção fechada, autônoma, que está se autoproduzindo, autorregulando, mantendo interações com o meio que desencadeiam mudanças em sua estrutura.

Simultaneamente, verifica-se se o comportamento inicial de uma quantidade de elementos do sistema (agentes) opera no ambiente do modelo, formando comportamentos coletivos inesperados (Emergência). Quando possível, identifica-se o comportamento ocorrido e suas consequências – apesar de muitas vezes serem imprevisíveis –, pois este padrão pode representar um novo nível dos sistemas. Um sistema emergente tende a pertencer a um sistema complexo, o que nos leva ao próximo passo.

O comportamento complexo não é propriedade de nenhuma entidade em particular, e por isso é necessário aferir a conectividade dos componentes do modelo e sua relação com o todo. Considera-se que suas propriedades não são consequências previstas das interações entre seus elementos constituintes vistos isoladamente. Em outras palavras, não são interações lineares e podem, por exemplo, gerar uma formação espontânea temporal, espacial ou mesmo funcional.

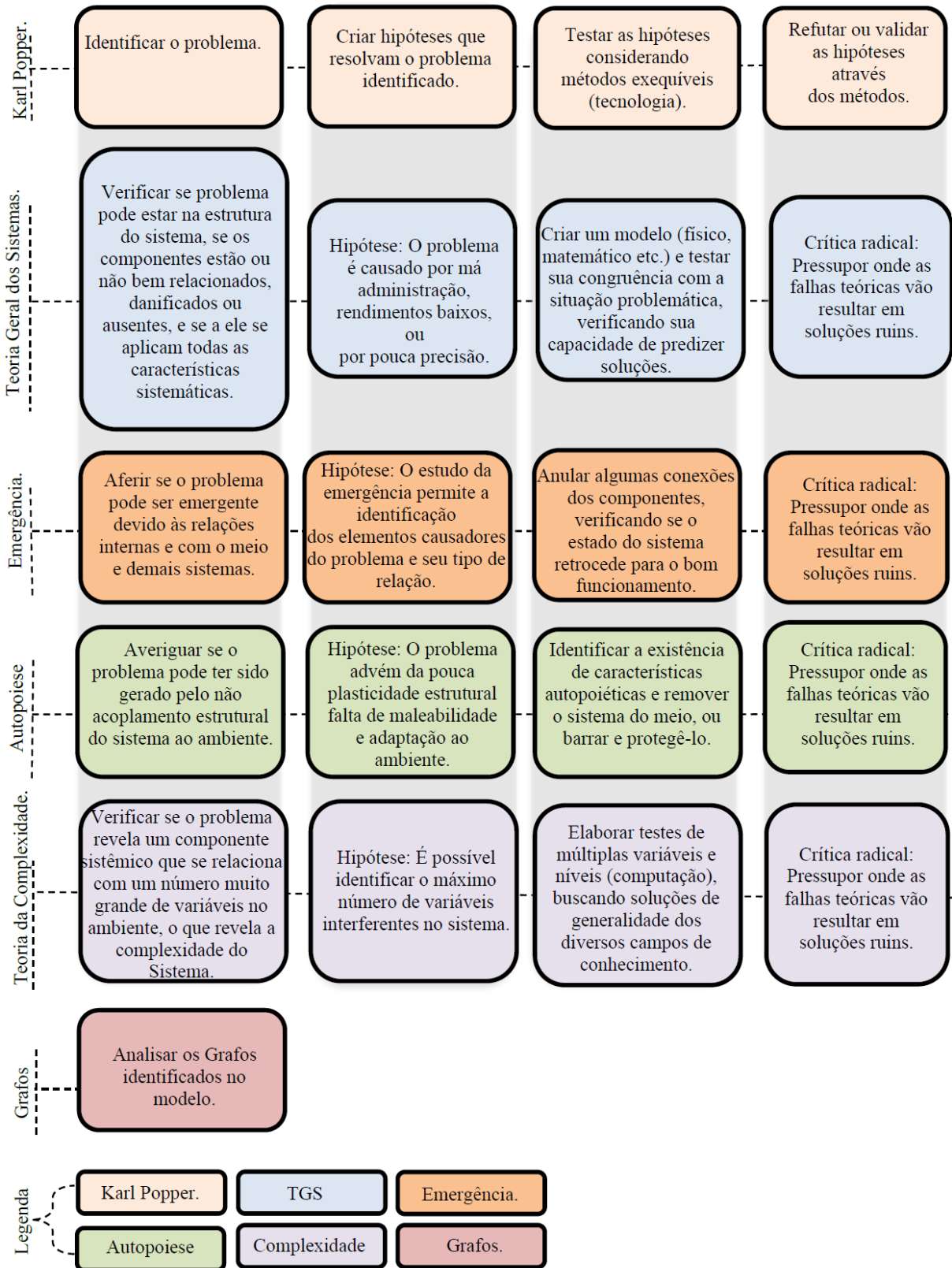
Vê-se que se torna válido, através da abordagem dos Grafos, estudar as informações obtidas de forma a construir um mapa visual com fundamentação racional. Desta maneira, torna-se possível avaliar as relações entre os elementos de um determinado sistema. Para tanto, identificam-se e atribuem-se os seus elementos (vértices/nós) às arestas (caminhos) que são utilizadas nas estruturas - Grafos. As arestas podem ou não ter direção (vetores), podem ou não se ligarem a um vértice ou a elas próprias. E os vértices e/ou arestas podem ter um peso (valor numérico, impedância ou custo) associado.

Ao final, vê-se como necessário, como sugere Feyerband, que seja feita uma crítica sobre a ausência de explicativos abstratos, subjetivos, sem referência intelectual e desconhecidos, obtidos na modelagem.

Para facilitar o entendimento e orientar a criação e avaliação de modelos foi elaborado uma síntese do quadro epistêmico com características sistêmicas proposto (Figura 8, p.57).

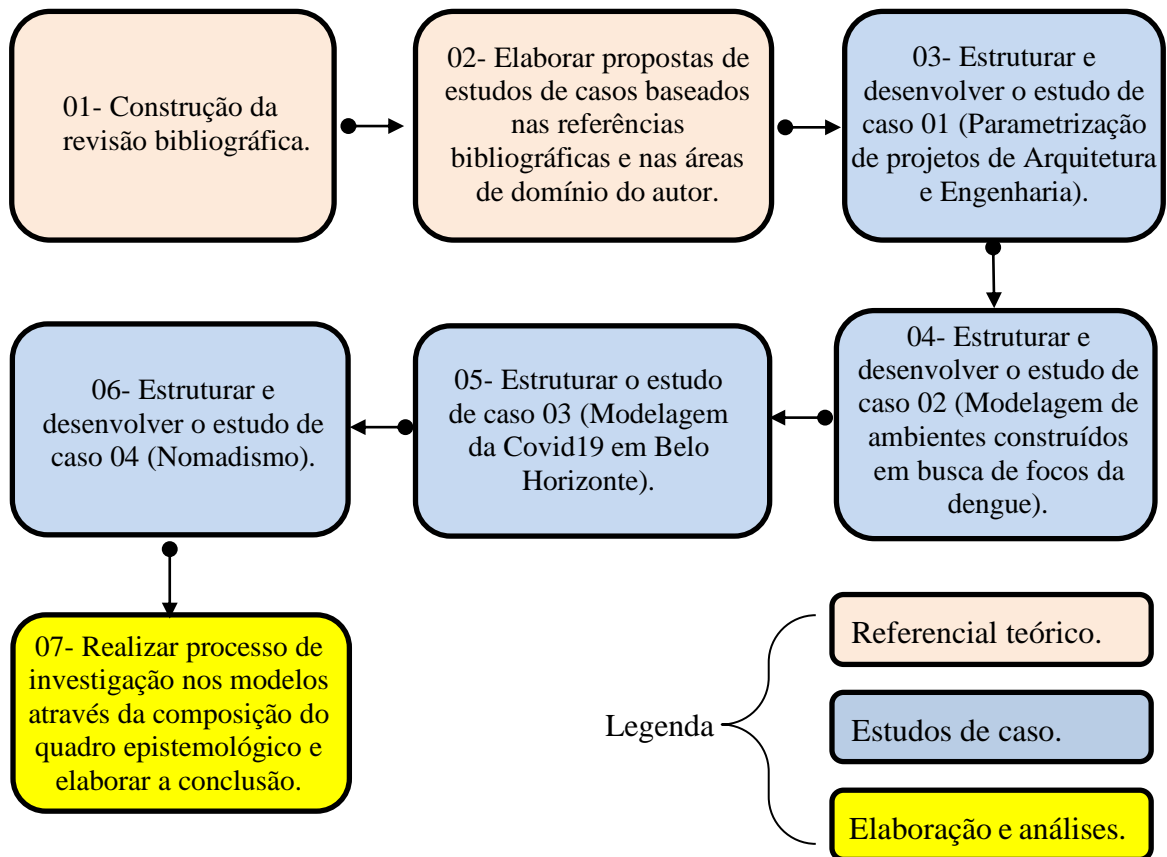
Apresenta-se também a Figura 9 (p.58) que, de maneira resumida, indica a sequência adotada na construção deste trabalho.

Figura 8: Sequência geral (resumo) da episteme proposta (Concretude da Modelagem).



Fonte: Autor.

Figura 9: Sequência geral (resumo) de desenvolvimento e aplicação da pesquisa.



Fonte: Autor.

No próximo capítulo, apresenta-se os estudos de caso elaborados, utilizados como estratégia de pesquisa, com a finalidade de aplicar e testar as propostas apresentadas na metodologia do trabalho.

5. ESTUDOS DE CASOS

Neste capítulo são apresentados os conteúdos dos quatro estudos de caso que foram utilizados como ferramentas na avaliação da episteme proposta - Concretude da Modelagem (cf. p.55) –, que permitiu ao pesquisador fazer inferências sobre relações entre as variáveis analisadas e forneceram subsídios para as investigações.

A seguir é apresentado o primeiro estudo de caso desenvolvido nesta tese, o qual foi utilizado para analisar as características de um modelo produzido em um ambiente digital.

5.1. Parametrização de projetos de Arquitetura e Engenharia

Cenário e significância histórica

A indústria da construção civil é, historicamente, considerada um setor atrasado e pouco desenvolvido quando comparado a outros setores industriais. Podemos citar a lentidão em se adaptar ao uso de novas tecnologias de informação e comunicação como fator que prejudica a evolução do campo (SOUZA, 2021). No contexto atual do Brasil – país em que se desenvolve esta tese –, com a economia enfraquecida por frequentes crises políticas, com a escassez de financiamento e com a exigência, pela sociedade, por produtos mais sustentáveis e eficientes, tem-se exigido da construção civil o seu aperfeiçoamento produtivo (SINAENCO, 2015).

A falta ou a desorganização de informações, comuns em empresas do setor construtivo, são motivos relevantes para a adoção da Tecnologia nos processos de desenvolvimento de projetos e nos canteiros de obras (MONTEIRO, 2021). Contudo os profissionais também devem se qualificar, investindo principalmente em treinamento, ensino e pesquisa. É indispensável entender as barreiras ao uso destas tecnologias e enxergar as tendências futuras do setor (DO NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

O governo federal tem, aos poucos, adotado medidas, como a instituição da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* (BIM) através do decreto nº 9.377 (BRASIL, 2018), que visa incentivar o uso dessa tecnologia em âmbito nacional, mas, se comparados aos países ditos “desenvolvidos”, estas medidas ainda são incipientes (MONTEIRO, 2021).

O problema, o objetivo e as hipóteses

O problema identificado, e que motivou o desenvolvimento deste estudo de caso, encontra-se no fato do setor da construção civil brasileira, mesmo já existindo tecnologias disponíveis, não adotar em larga escala a parametrização de projetos através da modelagem da informação, demonstrando uma aparente falta de compreensão com relação à importância e às vantagens do uso desta metodologia. Isso pode estar relacionado a diversas causas possíveis, como a falta de investimento, a necessidade de capacitação técnica dos profissionais ou simplesmente ao desconhecimento dos benefícios do uso dessa tecnologia.

A finalidade deste primeiro caso é demonstrar como a modelagem paramétrica pode contribuir com o desenvolvimento da indústria da construção civil por meio da criação de um modelo digital em um *software* BIM, bem como demonstrar a importância e as consequências do fornecimento correto de dados nos modelos parametrizados. Entende-se que, dessa forma, os projetos se tornam mais eficientes e contribuem com o avanço e modernização da indústria da construção civil, podendo prever situações e eventos através do modelo.

Para este experimento foram elaboradas algumas questões que podem ajudar a elucidar o problema observado e a alcançar o objetivo anunciado:

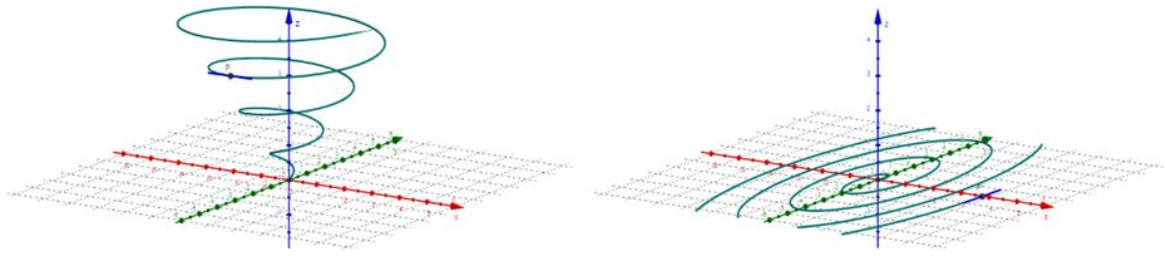
- É possível, através da criação e detalhamento de um projeto, demonstrar quais são as vantagens de desenvolver um projeto Paramétrico?
- A baixa adesão a parametrização de projetos no Brasil pode ser gerada pela complexidade dos softwares BIM?
- A produtividade do profissional é afetada quando o projeto desenvolvido é parametrizado?

A relação entre, Informação, Modelos (explicadas anteriormente) Parametrização, Design paramétrico e Modelo paramétrico (explicadas abaixo) são frequentemente empregados em funções associados à Tecnologia, e atualmente estão sendo difundidas na arquitetura e nas engenharias, mas também são aplicados nas mais variadas rotinas da sociedade contemporânea.

Parametrização

Segundo a definição do dicionário da língua portuguesa, parametrização é o processo no qual parâmetros e padrões são estabelecidos para o processamento e desenvolvimento de um produto, sendo possível realizar comparações e estudos técnicos. Por outro lado, na matemática, uma função considerada como a representação de uma curva no espaço (Figura 10, p.61) recebe o nome de “função paramétrica” (FERREIRA, 2004).

Figura 10: Representação de curva paramétrica no espaço em 3D e curva paramétrica achatada.



Fonte: Autor.

Na elaboração de projetos de arquitetura e engenharia podemos especificar duas grandes áreas relacionadas à parametrização de projetos: a do Design paramétrico, mais ligada a programação e a forma; e o do Modelo paramétrico, mais ligado à informação. Neste trabalho a metodologia será aplicada no Modelo paramétrico, o Design paramétrico será abordado apenas no referencial teórico.

Design Paramétrico

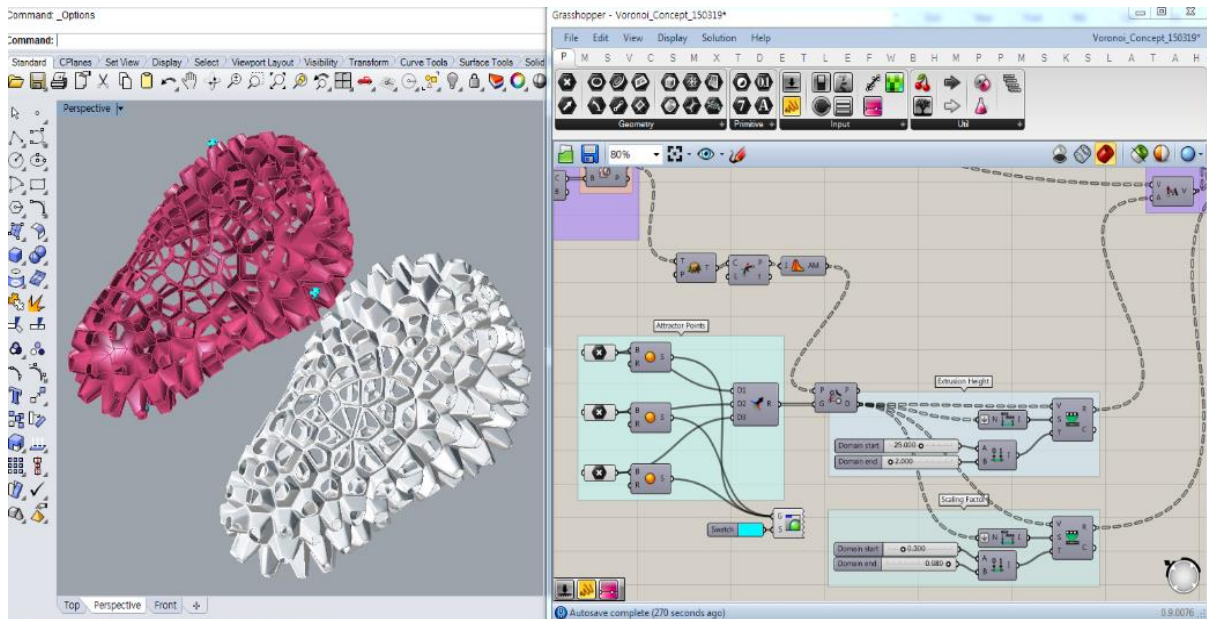
De acordo com Azuma (2016), tanto os arquitetos quanto os engenheiros da atualidade se veem muitas vezes presos a softwares rígidos na geometria, isto é, que não os permitem explorar formas pouco usuais, como as orgânicas.

O gradual desuso ou mau uso da “mão livre” como ferramenta de projeto tem feito com que a criação de formas com geometria complexa se tornasse um desafio ainda maior. Por isso, é importante que *software* destinados à construção civil evoluam, fornecendo ferramentas adequadas aos profissionais.

Com a evolução da tecnologia, tanto na parte de software quanto de hardware, foi desenvolvido o Design paramétrico, que tem por objetivo facilitar a utilização de formas originais, abstratas e orgânicas por meio da manipulação digital, como exemplificado na Figura 11, p.62). Sua chegada acarretou o processo da customização em massa dos projetos, em vez da produção padronizada em larga escala a que geralmente estamos acostumados (AZUMA, 2016).

Esse tipo de projeto não depende apenas dos programas que serão utilizados em sua elaboração, mas também da criatividade de quem os manipula, uma vez que a maioria dos *software* envolve programação. O Design paramétrico pode ser utilizado para modelos arquitetônicos, estruturais e de sistemas, dependendo das instruções, sendo quase que uma união entre construção civil e programação de máquinas (FLORIO, 2011).

Figura 11: Programação paramétrica no software Rhinoceros e plug-in Grasshopper.



Fonte: Fórum Grasshopper sobre "Múltiplos pontos de atração para controlar as aberturas de Voronoi".

Segundo o Manifesto Parametricista (SCHUMACHER, 2009), o termo Design Paramétrico, também chamado de Arquitetura paramétrica, foi criado por Patrik Schumacher, sócio sênior de Zaha Hadid⁴⁷ e atual proprietário de seu escritório. O termo deriva da utilização da computação de forma intensa e integral nos projetos de arquitetura, urbanismo, e de design de produtos.

Portanto, o Design paramétrico se desenvolve a partir da análise de diversos parâmetros como: dados de cartas topográficas, solares e dos ventos; dados de esforços naturais das formas modeladas; dados de geometria e comportamento dos usuários. Através de tais estudos de dados, vários resultados são gerados e, a partir disso, com o auxílio de software e computação gráfica, é possível fazer o estudo completo dos algoritmos e assim, criar as geometrias desejadas.

O Design Paramétrico costuma diferenciar-se das formas resultantes do método de projeto convencional, onde é usual que o arquiteto crie o projeto pensando em sua forma final (Figura 12, p.63). Neste caso, são as diretrizes que determinam o curso que o projeto seguirá, cabendo ao arquiteto apenas a escolha dentre as formas finais que o programa apresenta. Tal processo pode ser também chamado de generativo uma vez que os algoritmos são responsáveis por criar e manipular de forma variável o projeto (FLORIO, 2007).

⁴⁷ Zaha Mohammad Hadid foi uma arquiteta, artista e designer britânica-iraquiana, reconhecida como uma figura importante na arquitetura do final do século XX e início do século XXI.

Figura 12: Heydar Aliyev Centre, por Zaha Hadid.



Fonte: Zaha Hadid Architets.

Modelo paramétrico

Além do Design Paramétrico, abordado anteriormente, existe também outro tipo de parametrização, a de "dados", que se dá com a inserção de atributos e detalhamentos de componentes em um modelo. Nesse modelo a confiabilidade dos dados é fundamental para o sucesso do projeto.

O modelo paramétrico se difere de um modelo tridimensional físico, estático uma vez que se configura como uma relação dinâmica entre objetos, abastecida de "informações" e nós que as interligam (ROMCY; ROMCY; CARDOSO, 2019). Destaca-se a palavra informações na frase anterior, pois é objeto de estudo desta tese.

Alguns sites disponibilizam famílias de objetos parametrizados voltados para os mais variados projetos, como o elétrico, hidráulico e o de interiores (Figura 13, p.64) em *software* BIM, o que torna possível editar os elementos desejados a partir das necessidades do profissional. É possível inferir que tal atitude serve para popularizar o processo criativo do BIM para o mercado da construção civil (BARATTO, 2018).

A composição de ambientes de uma edificação, por exemplo, é um agregado de formas simples e complexas que, para representar precisamente o local, devem estar na proporção correta e devem ser abastecidas com dados confiáveis. A parametrização, realizada em *software*

BIM, permite a extração de desenhos, tabelas e quantitativos. A coleta de dados sobre o modelo é simultânea e imediata, e o próprio *software* é capaz de coordenar e ajustar as inferências em todas as outras representações (YEE, 2012).

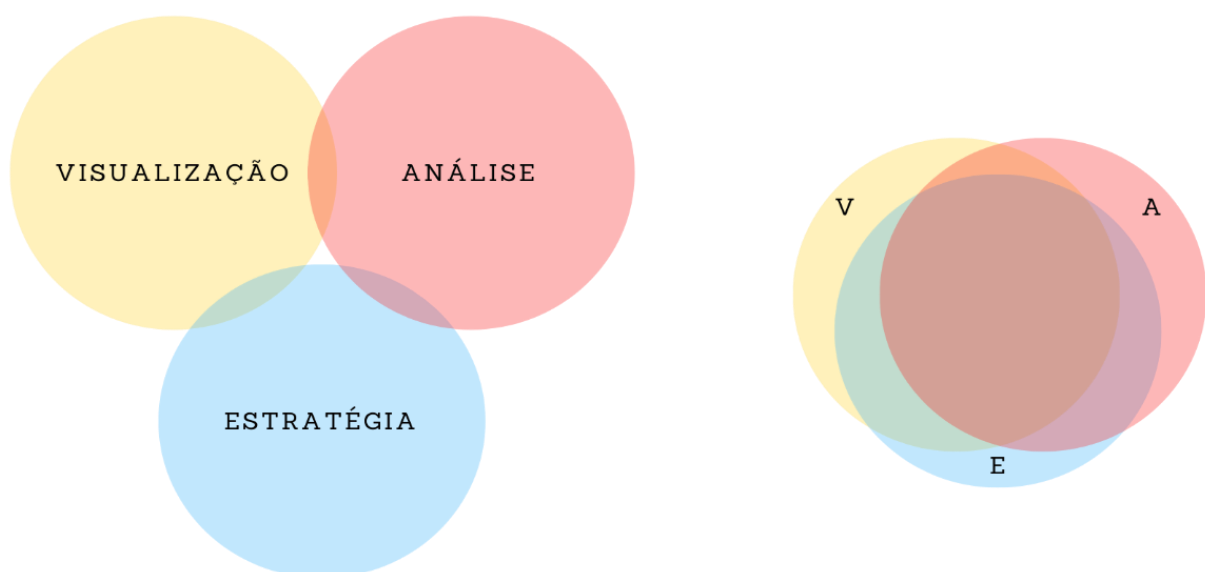
Figura 13: Família paramétrica para BIM e elemento paramétrico isolado.



Fonte: BARATTO (2018).

O nível de implementação dos processos e dos *software* BIM são resultado da interrelação entre a visualização do modelo, análise de dados e estratégia projetual (Figura 14, abaixo), e são proporcionais ao grau de integração dessas etapas (SACKS et al., 2018).

Figura 14: Diagrama representando o nível de integração e implementação dos *software* em diferentes níveis de complexidade projetuais.



Fonte: Autor.

Software de modelagem

De acordo com Autodesk (“Software para Design de Arquitetura”, [s.d.]), devido ao avanço da tecnologia e da indústria da construção, os *software* mudaram o modo como os arquitetos e engenheiros elaboram e representam graficamente suas obras. Desta forma, é necessário compreender sua conceituação, aplicabilidade e principais exemplos.

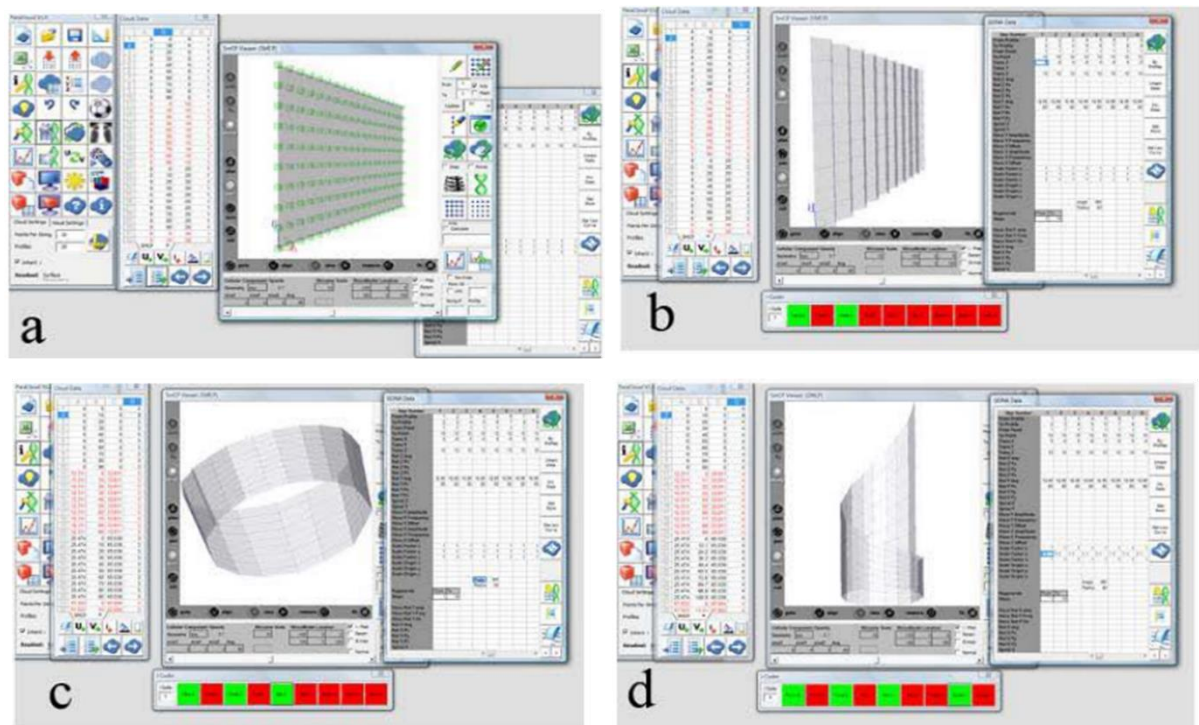
O termo inglês "*software*" foi criado em 1958 por John Wilder Tukey, importante estatístico estadunidense. O pesquisador definiu software como “uma sequência de instruções escritas para serem interpretadas por um computador com o objetivo de executar tarefas específicas” (TUKEY, 1958). Na modernidade, com o desenvolvimento da tecnologia, foram classificados em:

- *Software* de sistema: Conjuntos informacionais processados pelo sistema interno de um computador, permitindo a interação entre usuário e elementos periféricos por meio de uma interface gráfica, como por exemplo teclado, mouse e impressora.
- *Software* de programação: Conjuntos de ferramentas que permitem ao usuário desenvolver sistemas informáticos, geralmente usando linguagens de programação.
- *Software* de aplicação: Programas de computadores que permitem ao usuário executar uma série de tarefas específicas em diversas áreas do conhecimento.
- *Software* livre: São programas que dão liberdade ao usuário, permitindo o estudo, modificações e compartilhamento com outras pessoas. Para isso, é necessário o acesso ao código-fonte e assim, alterá-lo conforme as suas necessidades.

O emprego de software de aplicação para modelagem geométrica em duas dimensões (2D) e em três dimensões (3D) proporcionou aos designers, arquitetos e engenheiros uma melhor ferramenta de produção de experimentos, rascunhos e testes com precisão projetual. Com a evolução dos *software* de renderização – processo pelo qual se fixam diferentes dados em arquivos digitais de imagem, vídeo ou áudio – torna-se possível que profissionais e clientes avaliem pontos específicos do modelo, por meio de imagens, que os permitem validar ou não o projeto (“Software para Design de Arquitetura”, [s.d.]).

Segundo Florio (2009), o sentido do encadeamento na conexão entre os componentes de um projeto define como as mudanças podem ser efetuadas dentro do programa. Dessa forma, as entidades paramétricas permitem o processo de alteração, manipulação e cópia dos elementos sem a perda das informações, visto que guardam seus atributos anexados ao seu "banco de dados". A Figura 15 (p.66) demonstra como uma superfície inicial plana pode ser manipulada ordenadamente por parâmetros até se obter famílias de diferentes tamanhos e contornos.

Figura 15: Modelagem por comportamento.



Fonte: Florio (2009).

Aspectos metodológicos

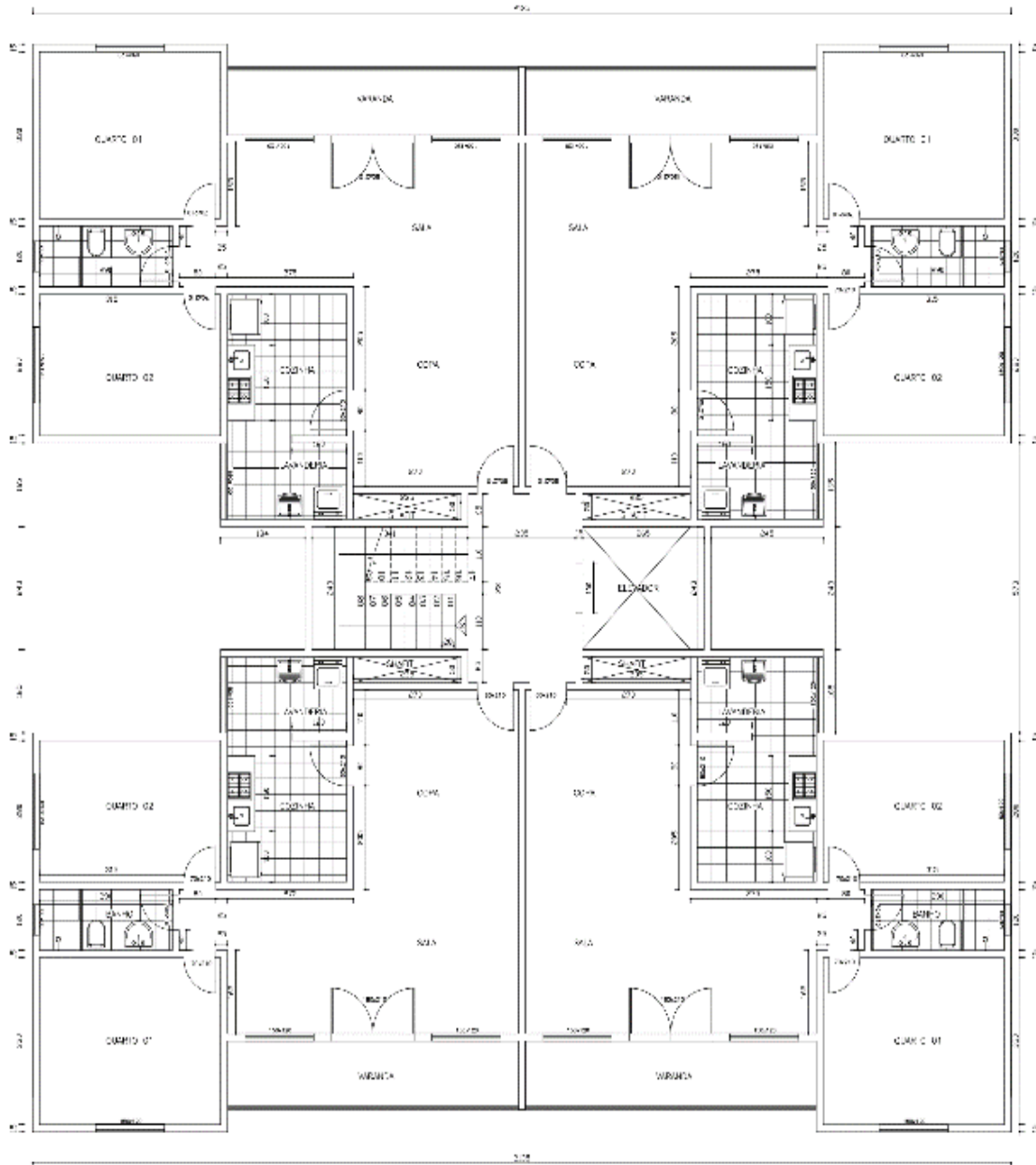
Para construção do primeiro estudo de caso foi realizada uma revisão bibliográfica que partiram da compreensão de que a indústria da construção civil está passando por uma profunda transformação em seus meios de produção e que extravasam a competência técnico-científica tradicional, demandando tecnologia, informação e ciência.

Além da revisão bibliográfica, foram usados dados primários no desenvolvimento de um projeto multifamiliar em um *software* BIM (Autodesk® Revit®), detalhado nessa pesquisa, que tornou possível a parametrização dos elementos construtivos. Simultaneamente, foi desenvolvido o mesmo projeto em *software* sem modelagem da informação da construção (Autodesk® AutoCAD®) para posterior comparação de dados (tempo, produtividade, vantagens e desvantagens), ainda que o projeto sem BIM não seja detalhando neste trabalho. Ambos os programas foram instalados no mesmo computador com a seguinte configuração: Notebook Dell®, Processador Intel® i7, 40 gigabytes de memória RAM (*Random Access Memory*), disco rígido de 1 *terabyte* e placa de vídeo Nvidia® Gforce® com 4 *gigabytes* de memória dedicada.

Adotou-se o projeto de um edifício residencial, denominado Edifício Erna Hoppe, elaborado pelo autor, em um terreno fictício de 1.280 m², que possui quatro pavimentos com

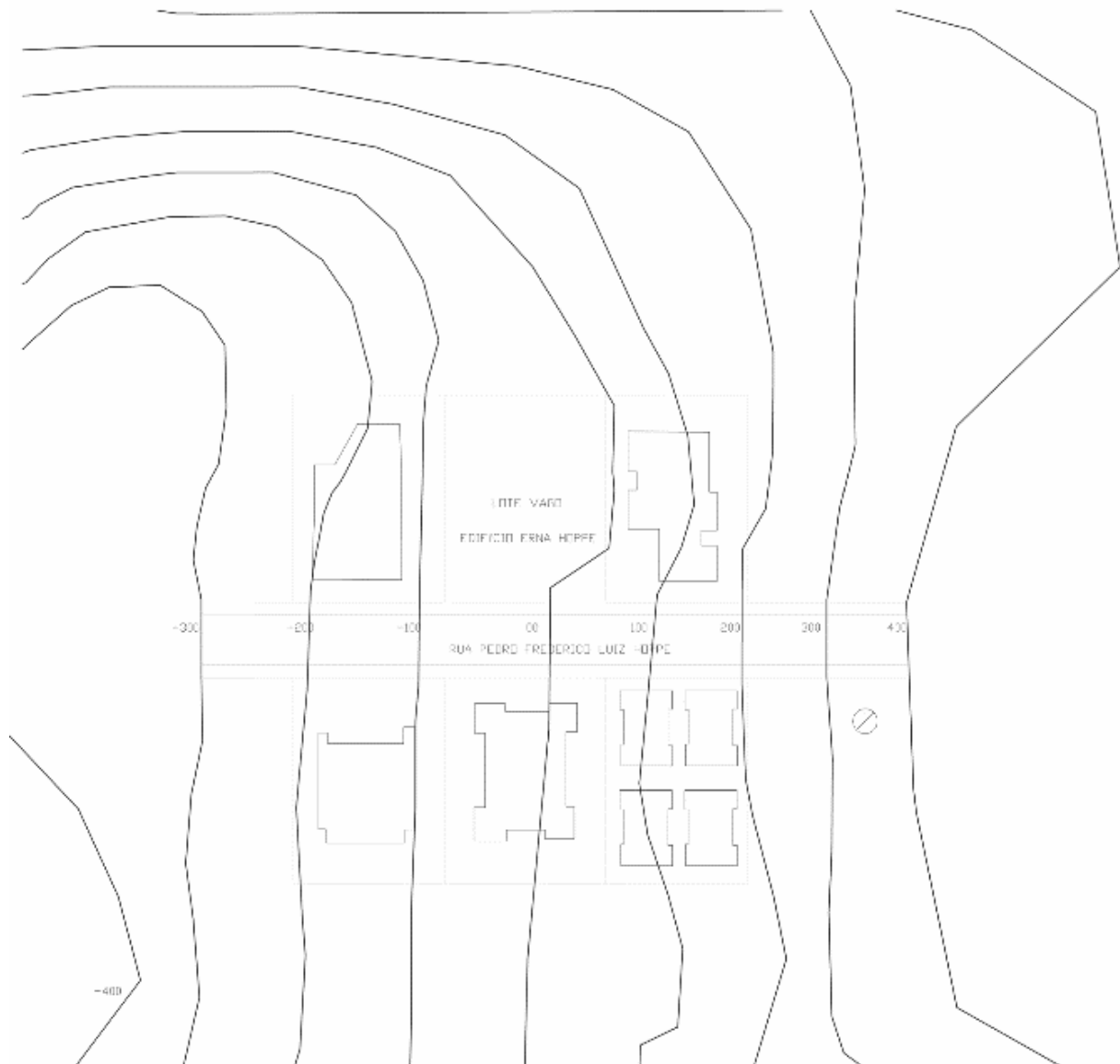
386,76 m² cada, e dezesseis apartamentos de 88,72 m², sendo quatro apartamentos por andar. A planta das unidades possui dois quartos, cozinha, área de serviço, sala, copa e um banheiro (Figura 16, abaixo).

Figura 16: Planta do pavimento tipo do Edifício Erna Hoppe.



Fonte: Autor.

Os pilotis são abertos e na fachada frontal, junto ao muro, há a presença de dois jardins, um portão social e um portão de garagem. A base topográfica utilizada possui 8 metros de desnível (Figura 17, p.68) e na área do terreno foi construído um platô para melhor aproveitamento do espaço. Optou-se por utilizar o método de pesquisa exploratória para maior aprofundamento do tema apresentado.

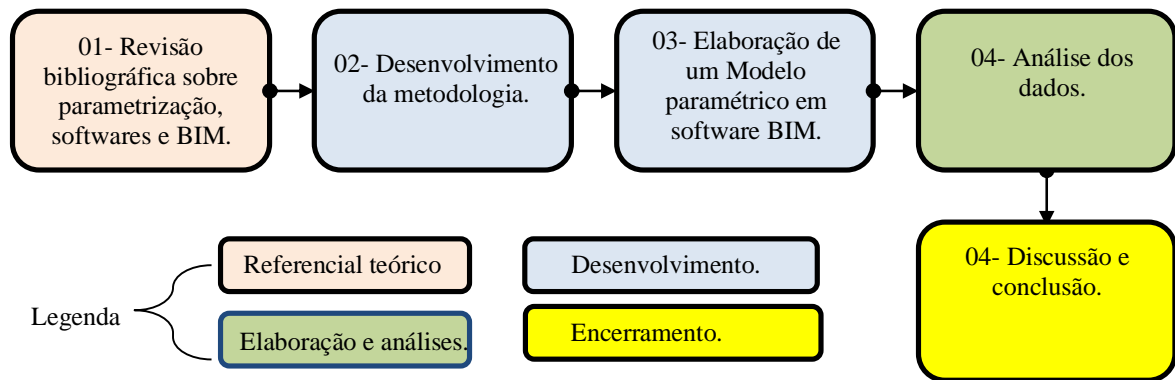
Figura 17: Base topográfica do Edifício Erna Hoppe.

Fonte: Autor.

O estudo aborda as avaliações feitas nas etapas de elaboração do projeto e o impacto do uso da parametrização durante o desenvolvimento dos projetos topográfico, arquitetônico, estrutural, decoração, renderização, extração das tabelas e quantitativos.

Por fim, foram avaliados os usos dos parâmetros no projeto do Edifício Erna Hoppe, e foram analisadas as vantagens e desvantagens de elaboração de modelos paramétricos na Arquitetura e Engenharia.

Apresenta-se, na figura 18 (p.69), a sequência das etapas realizadas na construção da pesquisa. A seguir são apresentadas as análises de resultado do estudo sobre a parametrização de projetos de Arquitetura e Engenharia.

Figura 18: Sequência de desenvolvimento e aplicação da pesquisa do estudo de caso 01.

Fonte: Autor.

Análise de resultado

Este tópico tem por objetivo apresentar as análises da parametrização do Edifício Erna Hoppe para aferir se os modelos podem contribuir com o desenvolvimento dos projetos de Arquitetura e Engenharia.

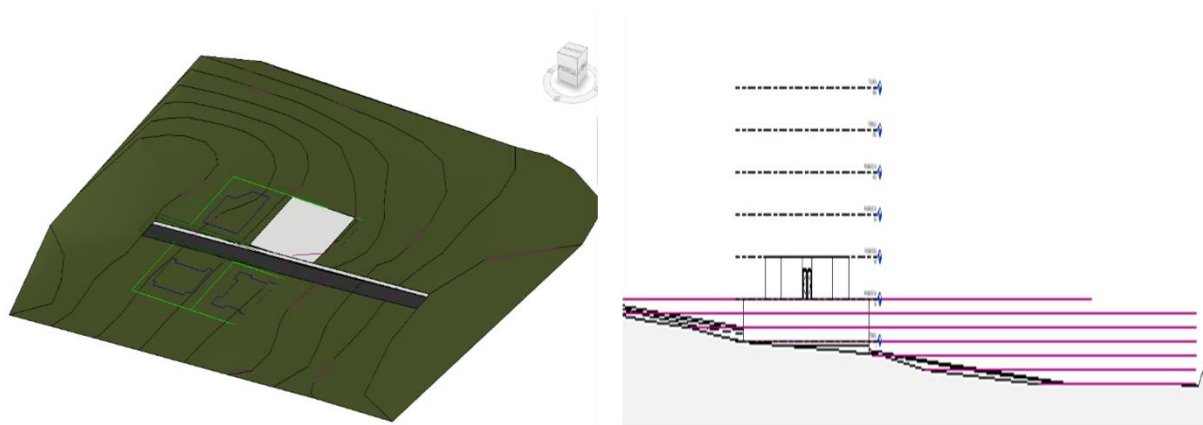
Sobre a base topográfica utilizada no projeto

Os dados do levantamento topográfico, utilizados como base para elaboração do projeto, foram importados de um arquivo gerado pelo programa AutoCAD® para o software Revit®.

Nessa primeira etapa, o software BIM fornece uma ferramenta de modelagem automática da superfície do terreno que facilita e agiliza o estudo e a compreensão topográfica (Figura 19, p.70). Vale ressaltar que, para o correto funcionamento da ferramenta, a base topográfica deve ser importada com as curvas de nível corretamente posicionadas, nos eixos X, Y e Z (largura, altura e comprimento). Caso seja necessário, o software permite ajustes na posição das curvas após a importação.

O estudo topográfico feito por meio da modelagem foi eficaz, pois auxiliou a definição do melhor local e altura de implantação do platô, colaborando na previsão de serviços como a terraplanagem. Com a apuração do modelo, foi possível identificar todos os intervalos de inclinação e suas respectivas proporções, proporcionando informações relevantes para a análise inicial da movimentação de terra e de realização de infraestrutura no terreno estudado.

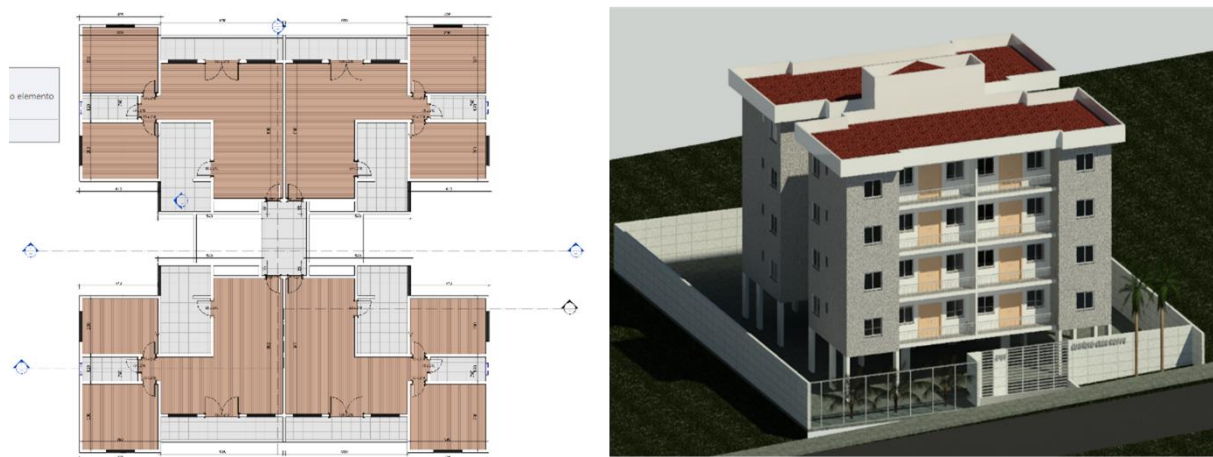
Ferramentas como as caixas de corte e de aplicação de materiais também se revelaram importantes nessa etapa pois facilitam a visualização dos detalhes do terreno, o que possibilitou um controle mais severo durante o planejamento, certificando melhores resultados.

Figura 19: Topografia modelada e curvas de nível posicionadas.

Fonte: Autor.

Sobre o projeto arquitetônico

No desenvolvimento do projeto arquitetônico, as ferramentas de automação e parametrização que propiciam as alterações globais no modelo permitiram que ajustes e correções fossem realizados de modo rápido e eficiente. Reitera-se que o projeto Arquitetônico do edifício residencial conta com quatro pavimentos e dezesseis apartamentos, sendo quatro unidades por pavimento. O terreno possui 1.280 m² e cada unidade habitacional possui 88,72m², com dois quartos, cozinha, área de serviço, sala, copa e um banheiro. A seguir (Figura 20, abaixo), é apresentada a planta do pavimento tipo e uma perspectiva externa da edificação.

Figura 20: Representação do pavimento tipo e representação do modelo 3D.

Fonte: Autor.

Como a aplicação do BIM envolve a integração de todas as informações do modelo, qualquer alteração que seja feita atualiza automaticamente os dados relacionados a ela, seja nas plantas, nos cortes, nas vistas, no 3D, nas tabelas ou nos quantitativos. Por exemplo, pode-se imaginar uma porta com as dimensões de 0.70m de largura por 2.10m de altura, a qual precisa

ter a altura aumentada para 2,50m e a largura aumentada para 1,60m: se o projeto estiver em BIM, basta clicar no componente e indicar os novos valores para que a porta se molde rapidamente a eles e todos os dados associados a ela também, como as quantidades de materiais.

Figura 21: Duplicação de elementos e representação de pavimento.



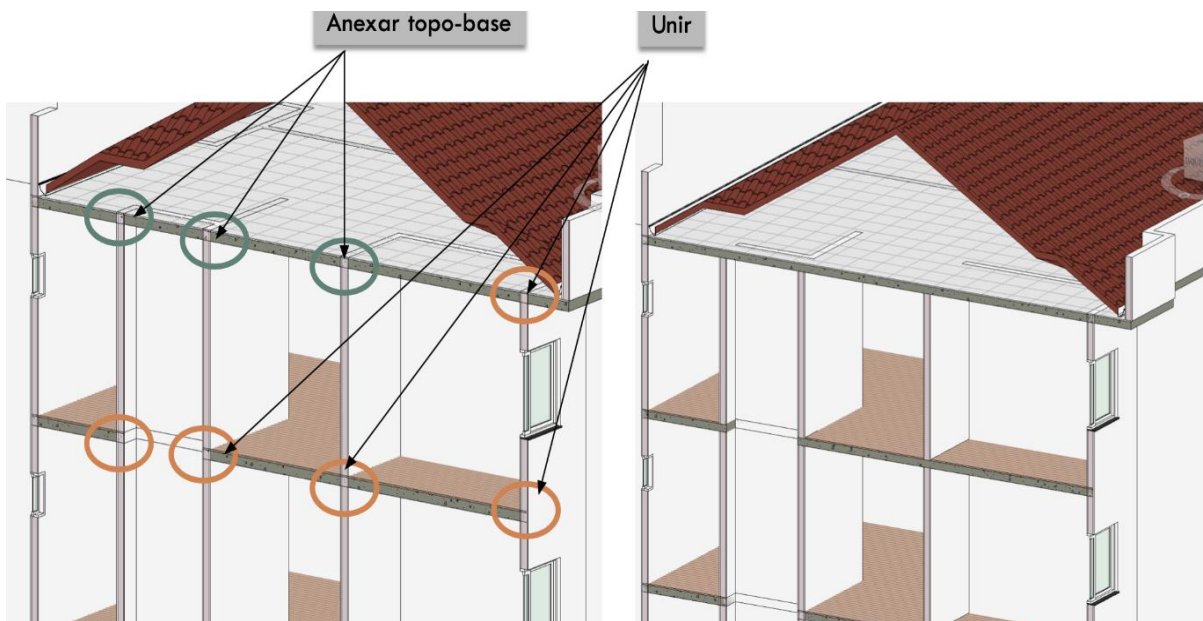
Fonte: Autor.

Outro exemplo de grande valia aplicado no projeto está relacionado à capacidade do *software* em duplicar elementos, independentemente da quantidade e complexidade, preservando a parametrização realizada no objeto inicial. Acima, na Figura 21, é apresentada a duplicação de todo o pavimento do nível 01 para os níveis 02, 03 e 04 com um único comando. Todas as especificações inseridas nas paredes, na laje, nas portas e janelas foram automaticamente duplicadas, e as tabelas e quantitativos foram atualizados.

Sobre o projeto estrutural

No projeto estrutural foram montados e parametrizados os pilares e as lajes para compreensão do impacto desses elementos no modelo. Outros componentes estruturais não foram abordados pois distanciavam-se do foco da pesquisa.

Foi possível parametrizar informações estratégicas de todos os componentes estruturais utilizados, como espessura, largura, altura e matérias de acabamento. É possível adicionar ainda outras informações, como local de compra dos materiais, resistência, dados da armadura metálica, recobrimento, fator água-cimento, entre outros, de acordo com a necessidade de cada especialidade. As ferramentas de união e ajustes entre lajes e pilares foram utilizadas com frequência, facilitando e agilizando de forma significativa as correções realizadas no projeto (Figura 22, p.72).

Figura 22: União incorreta entre elementos e sua correção.

Fonte: Autor.

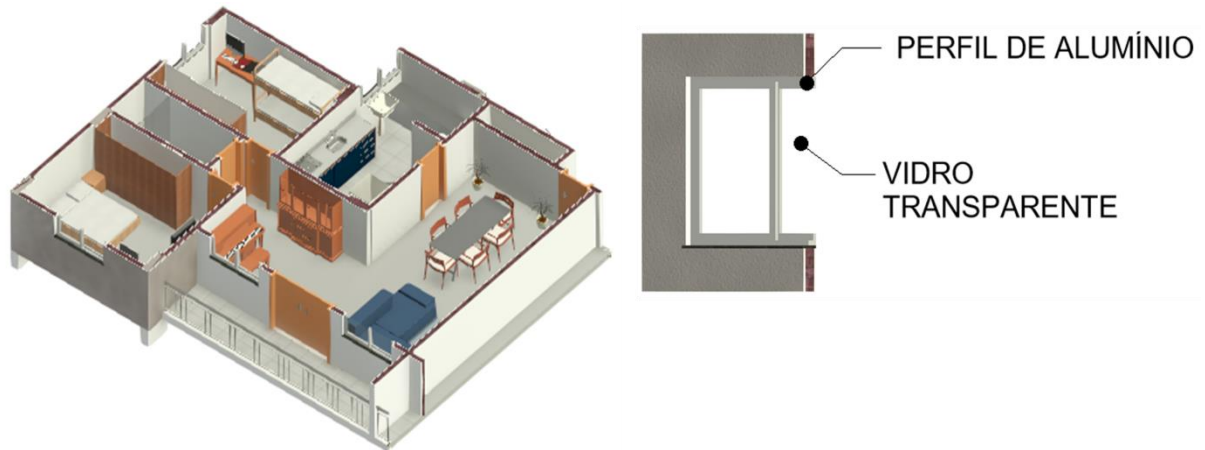
As ferramentas disponíveis no *software*, bem como a parametrização dos componentes, auxiliaram o posicionamento adequado dos elementos estruturais e facilitaram a visualização das divergências e incompatibilidades construtivas.

Sobre o projeto de decoração e seu detalhamento

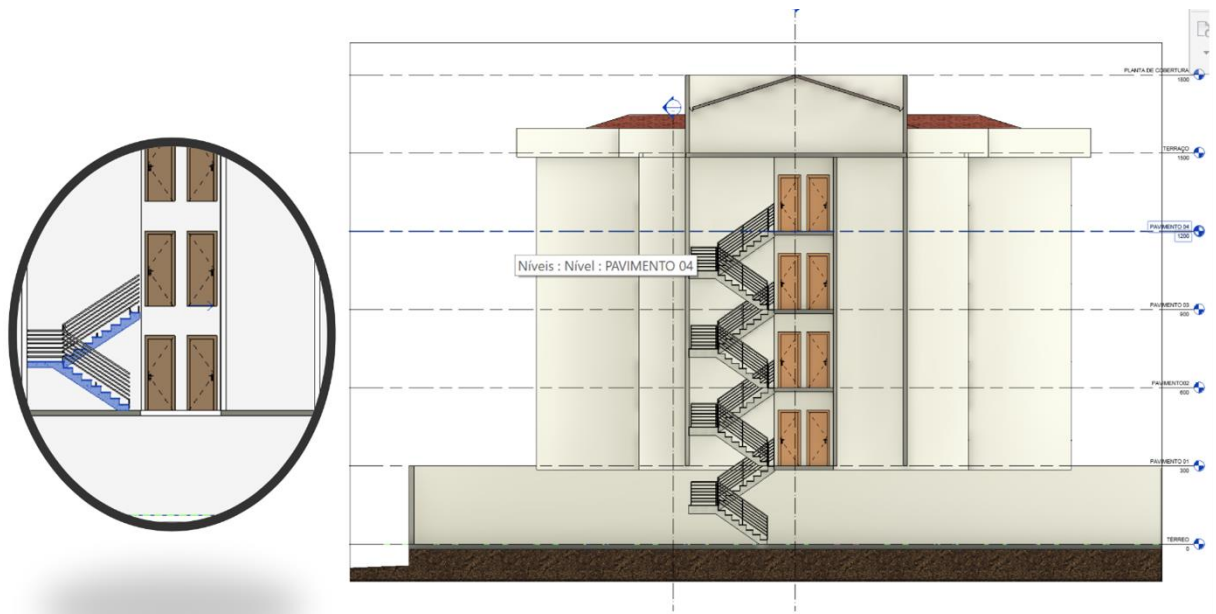
O projeto de decoração foi desenvolvido em uma das dezesseis unidades da edificação. Como os apartamentos possuem a mesma configuração, não foi necessário decorar outras unidades, evitando assim a sobrecarga do arquivo; à medida que inserimos novos componentes, o software exige mais espaço de armazenamento e maior capacidade de processamento do computador.

Os componentes de decoração foram retirados de bases de dados de sites especializados, como a plataforma BIM-BR. Apesar de crescente, a disponibilidade de objetos acessíveis para download ainda era limitada. No arquivo, foram inseridos objetos como camas, mesas, sofá, cadeiras, computador, escrivaninha, pia, bancada, armários e vegetação. A possibilidade de editar e inserir elementos anotativos nos componentes demonstrou-se muito prática e eficiente pois permite o detalhamento de qualquer objeto (Figura 23, p.73).

A caixa de corte e a de aplicação de materiais novamente se revelam importantes, desta vez na etapa de decoração e detalhamento (Figura 24, p.73), pois são ferramentas constantemente utilizadas que facilitam a visualização, organização e a estética do projeto.

Figura 23: Unidade habitacional decorada e detalhamento de esquadria.

Fonte: Autor.

Figura 24: Detalhe da caixa de escada.

Fonte: Autor.

Sobre o processo de renderização

A qualidade final da renderização do projeto depende de várias questões como, por exemplo, da experiência do profissional, da capacidade de *software* e de hardware que processam as imagens, das configurações dos atributos do cenário e das cenas capturadas. Nas imagens abaixo podemos observar dois exemplos de renderização do edifício Erna Hoppe desenvolvido do software Revit® (Figuras 25 e 26, p.74).

A renderização, feita exclusivamente no Revit®, apesar de não apresentar uma imagem de alta definição, é capaz de expressar como será o projeto acabado, com texturas, luz, sombra, acabamentos, mobiliários, entre outros.

Figura 25: Imagem da fachada frontal do Edifício Erna Hoppe renderizada.



Fonte: Autor.

Figura 26: Imagem interna do Edifício Erna Hoppe renderizada.



Fonte: Autor.

Sobre as tabelas e quantitativos

Após finalizar o projeto, tem-se o momento de extrair os quantitativos necessários para a compra dos materiais e execução da obra. Porém, fazem-se necessários alguns cuidados, uma vez que, quanto mais informação se queira extrair em uma única tabela, mais complexa a tabela fica. O programa, fundamentado no modelo paramétrico e nas configurações habilitadas no projeto pelos profissionais envolvidos, responsabilizou-se pelas funções de rotina e repetitivas de automação, como a atualização de plantas de piso, elevações, cortes, 3D, tabelas e quantitativos.

Se os componentes utilizados no projeto estiverem corretamente parametrizados as possibilidades de extração de tabelas e quantitativos são incontáveis. Pode-se criar tabelas de esquadrias (Figura 27), telhados (Figura 28), áreas (Figura 29), cerâmicas, blocos, louças sanitárias, guarda-corpo, entre outros.

Figura 27: Quantitativo de portas do Edifício Erna Hoppe.

Quadro de portas					
A	B	C	D	E	F
TIPO	Função	Altura	Largura	Quantidade	Custo R\$
P1	Porta simples de giro	210 cm	80	32	14400,00
P2	Porta simples de giro	210 cm	70	48	19200,00
P3	Porta dupla de giro	210 cm	180	16	12800,00
Total				96	46400,00

Fonte: Autor.

Figura 28: Quantitativo de telhado do Edifício Erna Hoppe.

Quantitativo de telhado				
A	B	C	D	E
TIPO	Área projetada	Quantidade	Custo/m ²	Custo total (R\$)
Colonial	212,86 m ²	1	80 m ²	17.028,73 m ²
Colonial	212,86 m ²	1	80 m ²	17.028,73 m ²
Colonial	20,96 m ²	1	80 m ²	1676,45 m ²
	Total	3		35733.91

Fonte: Autor.

Figura 29: Áreas dos ambientes por unidade.

Quadro de ambientes		
A	B	C
Nome	Área	Patamar
Banheiro	3,48 m ²	Pavimento 01
Cozinha	7,23 m ²	Pavimento 01
Lavanderia	4,15 m ²	Pavimento 01
Quarto 01	12,87 m ²	Pavimento 01
Quarto 02	10,95 m ²	Pavimento 01
Sala 01	19,36 m ²	Pavimento 01
Sala 02	14,22 m ²	Pavimento 01
Shaft	1,18 m ²	Pavimento 01
Varanda	7,14 m ²	Pavimento 01

Fonte: Autor

Sobre o tempo gasto na elaboração do projeto

O projeto foi desenvolvido em duas plataformas, para efeito de comparação, sendo uma plataforma não BIM (AutoCAD®) e outra na plataforma BIM (Revit®). Ao adquirir os *software* observou-se que o valor da licença anual do programa BIM, no site da Autodesk®, é aproximadamente 80% mais cara do que a do AutoCAD®.

A quantidade de produtos que podem ser extraídos do projeto desenvolvido em *software* BIM é superior a plataforma do AutoCAD®. Por isso, uma comparação de tempo talvez não seja um método preciso, pois o conhecimento de ambas as plataformas faz com que essa pareça desleal. Entretanto, entendemos que, para efeito didático, ela é necessária.

Sendo assim, foram escolhidos alguns produtos específicos para efeito de comparação: Quatro vistas ortogonais e duas perspectivas externas, planta do nível térreo, planta do pavimento tipo, planta da cobertura, dois cortes (longitudinal e transversal).

Foi observado que, inicialmente, a execução no *software* BIM é mais lenta devido à necessidade de se configurar de maneira mais detalhada, e de ser necessária a compatibilização entre o projeto e as informações. Porém, no processo projetual, o *software* BIM é capaz de gerar esquemas técnicos com poucos comandos. No geral, o tempo de execução dos dois projetos foram similares, mas uma grande diferença de tempo foi observada quando havia necessidade de se fazer alterações/correções no trabalho, sendo que o tempo gasto para tais atividades reduziu cerca de 70% com o uso do *software* BIM.

A seguir é apresentada a discussão do estudo sobre a parametrização de projetos de Arquitetura e Engenharia.

Discussão

Após a análise da revisão bibliográfica e do desenvolvimento do projeto do edifício Erna Hoppe, concebido em um *software* BIM, foi possível verificar as vantagens da adoção da parametrização em projetos de Arquitetura e Engenharia (confiabilidade de dados, integração, tempo, entre outros) e demonstrar a importância da modelagem paramétrica para o progresso da construção civil, sendo possível realizar predição de eventos, como custos e incompatibilidades construtivas no modelo.

A complexidade do *software* BIM não parece ser relevante para responder a baixa adesão a parametrização dos profissionais no Brasil, pois após o primeiro contato, fase em que há uma dificuldade inicial comum em qualquer programa, o processo de aprendizagem se desenvolve naturalmente, de acordo com a dedicação do profissional. Vale destacar que tanto

o Revit®, quanto o AutoCAD®, são desenvolvidos pela mesma empresa (Autodesk®), e por isso muitos comandos e processos são iguais em ambos os programas. Por isso, profissionais que já trabalham com o AutoCAD® tendem a ter facilidade em aprender o Revit®.

Em relação à produtividade do profissional, constatou-se que ela é afetada positivamente quando o processo é parametrizado. A fase inicial do desenvolvimento do trabalho tende a ser mais lento devido à preocupação com compatibilização entre o projeto e as informações, mas à medida que se avança, o tempo de execução das tarefas e rotinas diminui significativamente, principalmente quando é necessário realizar alterações ou correções no projeto. No entanto, o alto custo das licenças de software BIM, a necessidade de hardware potentes, normalmente caros, e a quantidade, ainda baixa, de objetos disponíveis para download na internet, parecem constituir obstáculos significativos para a popularização desta tecnologia.

A compreensão dos termos informação, modelos, parametrização, design paramétrico e modelo paramétrico demonstrou-se relevante para reflexão e entendimento da importância e das consequências do abastecimento correto de conteúdo nos modelos parametrizados. A comparação feita não se centra apenas na quantidade de dados, mas na qualidade e na confiabilidade destes.

Segundo Azuma (2016) pode-se dizer que a parametrização vem para mudar o modelo de produção em massa para um modelo de customização em massa. Tal facilidade faz com que projetos inteligentes sejam executados de maneira segura e rápida. Afirma também que o processo de adoção do BIM no Brasil é lento, mas aos poucos começa a se destacar no cenário nacional.

A possibilidade de ajustes globais automáticos de detalhes técnicos, quantitativos e no modelo 3D, a partir de qualquer alteração pontual no projeto, por meio da manipulação dos componentes, garante projetos mais precisos e que evitam retrabalhos e desperdício de matéria prima, recursos financeiros e tempo.

Após o desenvolvimento das etapas propostas no projeto, o método proposto se viu satisfatório no que tange os resultados obtidos em todas as tarefas e processos realizados. Quanto à renderização, feita no programa Revit®, é importante destacar que a imagem não possui uma resolução com a mesma qualidade gerada por programas especializados nesta tarefa, mas isso não tirou sua funcionalidade, uma vez que a imagem cumpre seu papel de representar a ideia do projeto final. Caso seja uma demanda significativa do profissional, vale investir em outros software ou plugins de renderização para obter-se imagens com maior qualidade.

Para finalizar, concluímos que a parametrização dos modelos de arquitetura e engenharia possui potencial para ajudar no desenvolvimento da indústria da construção civil pois torna o processo projetual mais integrado, eficiente, seguro e preciso, contribuindo assim com a modernização do setor.

A seguir é apresentado o segundo estudo de caso desenvolvido nesta tese, o qual foi utilizado para analisar as características de um modelo urbano real reproduzido em um ambiente digital na busca por uma solução para a saúde pública (focos do mosquito *Aedes Aegypti*).

5.2. Modelagem computacional de ambientes construídos e espaços públicos urbanos em busca de focos do mosquito *Aedes Aegypti*

Cenário e significância histórica

No século XIX, durante a primeira e a segunda revolução industrial, as principais cidades do mundo passaram por um rápido processo de crescimento que evidenciou os problemas urbanos e sociais. Milhares de pessoas viviam em espaços pequenos, sem saneamento básico, sujos, barulhentos e sofriam com as mais várias enfermidades (BENEVOLO, 2001).

Devido aos problemas estruturais existentes, algumas cidades iniciaram um amplo processo de intervenções e reformas. Na França, por exemplo, a Reforma Urbana de Paris, promovida por Georges-Eugène Haussmann entre 1852 e 1870, modernizou a capital francesa mediante a um vasto programa de obras públicas. Na Espanha, em 1860, o engenheiro de estradas espanhol Miguel de Cerdá elaborou o plano de reforma e ampliação da cidade de Barcelona que seguia os critérios de planos ortogonais, com uma estrutura de grade, aberta e igual e popularizou o termo “urbanismo” (MUMFORD, 1998).

A primeira conferência internacional histórica de planejamento urbano ocorreu em 1898, nos EUA. Naquele final de século, em Londres, profetizava-se que a cidade estaria soterrada debaixo de 9 pés de esterco em 1950. Cada país participante da referida conferência tentou propor uma solução, mas a conferência – prevista para durar 10 dias – findou no terceiro dia por desentendimentos. A Figura 30 (p.79) atesta que os problemas eram gravíssimos, trazendo eventos relacionados à saúde pela quantidade de esterco e animais deixados mortos em vias públicas (“O Fracasso da Primeira ...”, 2013).

Figura 30: Estercos e animais mortos sobre as ruas das grandes cidades europeias e americanas.



Fonte: VAN DEURSEN, 2016.

A cidade adquiriu enorme importância política e social, pois além de comportar os locais de moradia e trabalho de grande parte da população, é na cidade que se fizeram disponíveis, em maiores proporções, os serviços destinados à saúde, à cultura, ao lazer e a economia e, dessa forma, o urbanismo influencia toda a vida social do homem moderno (WIRTH, 2005).

Atualmente cerca de 84,4% da população brasileira vive nas cidades. Na década de 1970, a população urbana era de aproximadamente 55,9%. Isso representa um aumento de 28,5% em apenas 40 anos, assim este número demonstra que ocorreu um elevado êxodo rural nas últimas décadas (“IBGE”, [s.d.]).

Na construção da cidade, de suas edificações, praças, ruas, equipamentos, entre outros elementos, é necessário integrar ambiente construído e ambiente natural, criando espaços solidários, saudáveis, de integração social e democráticos. Em outras palavras, devemos construir cidades ambientalmente equilibradas e socialmente humanizadas que gerem qualidade de vida para sua população (EVANS, [s.d.]). Porém, com o crescimento das cidades e a diminuição das áreas verdes, vetores de doenças endêmicas passaram a se reproduzir e agir dentro do espaço urbano. Entre esses vetores podemos citar o mosquito *Aedes Aegypti*, inseto transmissor de graves doenças no Brasil e no mundo como a dengue, a Zika e a Chikungunya, que anualmente levam a óbito milhares de pessoas.

Não é uma tarefa simples compreender como as complexas relações existentes entre os diversos atores que formam a base da sociedade urbana e como estes interferem na formação das cidades e nas políticas públicas, de forma positiva e negativa. Segundo Corrêa (2004) o espaço urbano é composto e articulado por cinco agentes: o Estado, os proprietários fundiários, os proprietários dos meios de produção, os promotores imobiliários e os grupos sociais excluídos. Nas relações entre esses agentes existem os mais variados interesses econômicos e

políticos que podem afetar diretamente o combate a surtos, epidemias, pandemias e endemias e, conseqüentemente, a qualidade de vida de toda a sociedade.

Qualidade de vida pode ter significados e referências diferentes de indivíduo para indivíduo, mas – de uma maneira geral – abrange questões relacionadas a saúde, segurança, malha urbana, mobilidade urbana, espaços de lazer e de encontro, conforto térmico e acústico, acessibilidade, infraestrutura, estruturas de serviços e equipamentos (RAMOS DE CARVALHO et al., 2016; RODRIGUES; RAMOS; MENDES, 2009). Espaços urbanos criados com infraestrutura inadequadas, ou até mesmo gerados sem infraestrutura, como acontece nas favelas Brasileiras, geram espaços socialmente degradados com alto potencial de desenvolvimento de variadas formas de doenças, gerando áreas propícias para a multiplicação de vetores de arboviroses, por exemplo.

Segundo o ministério da saúde Brasileiro, todo sistema de vigilância epidemiológica deve manter-se atualizado para conseguir cumprir seu papel de maneira eficiente, incorporando constantemente as inovações tecnológicas e científicas que notoriamente são capazes de trazer melhorias, qualidade e confiabilidade aos trabalhos, especialmente aqueles que tratam sobre o impacto epidemiológico (DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, 2009).

Segundo Souza (2008), nos próximos anos a computação, por intermédio da tecnologia da informação, se tornará entrelaçada à vida cotidiana, inclusive na formação e na concepção dos espaços urbanos e dos ambientes construídos, não apenas “em todos os lugares”, mas também “em todas as coisas”. Assim os objetos e espaços comuns funcionarão como locais para coleta e processamento de dados, e as pessoas interagirão com esses sistemas de forma constante e natural, sem perceber o potencial da Tecnologia que as envolve.

Seguindo essa teoria de disseminação da TI e compreendendo a necessidade de avançarmos nos estudos e no combate ao *Aedes Aegypti*, observa-se o potencial da associação da Tecnologia com a saúde do espaço urbano.

O problema, o objetivo e as hipóteses

O problema identificado, e que motivou o desenvolvimento deste estudo de caso, está na dificuldade dos órgãos públicos, pesquisadores e da sociedade em combater a disseminação e o avanço do mosquito *Aedes Aegypti* sobre o território brasileiro.

O objetivo deste segundo estudo de caso é aferir como as novas tecnologias podem auxiliar no combate ao *Aedes Aegypti* em ambientes construídos e em espaços públicos urbanos

mediante o rastreamento e monitoramento de focos do mosquito, por meio de uma modelagem preditiva, visando promover melhoria na qualidade de vida dos cidadãos.

Para este experimento, foram elaboradas algumas questões que podem ajudar a elucidar o problema observado e a alcançar o objetivo anunciado:

- Como, com a utilização de Drones, câmeras térmicas, nuvem de pontos e geração de modelos computacionais em 3 dimensões, podemos gerar um modelo capaz de auxiliar o combate do *Aedes Aegypti*?
- Seria possível identificar parâmetros no espaço capazes de construir um padrão para identificação de focos do *Aedes Aegypti*?

Surtos, epidemias, pandemias, endemias e Sindemia

Apesar de estarem associados a disseminação de doenças, os conceitos de surtos, epidemias, pandemias, endemias e sindemias são diferentes. Segundo o Ministério da Saúde Brasileiro, os surtos se restringem a casos de transmissão de doenças que ocorrem em uma área geográfica pequena e bem delimitada ou a uma população institucionalizada como por exemplo em escolas, clubes, quartéis, bairros, entre outros (DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, 2009). Entre dezembro de 2016 e a segunda quinzena de março de 2017 ocorreu um surto de febre amarela em Minas Gerais, no qual o estado contabilizou 349 casos confirmados da doença, sendo que dentre eles havia 118 óbitos (CAVALCANTE; TAUIL, 2017).

A epidemia, por sua vez, se caracteriza pela elevação do número de casos de uma doença ou agravo, em uma área e período ampliados, caracterizando, de forma clara, um excesso em relação à frequência esperada. Por decorrência, a epidemia guarda relação com a frequência comum da enfermidade na mesma região, na população especificada e na mesma estação do ano (ZERÓN, 2020). O exemplo de epidemia mais recorrente no território brasileiro é da Dengue. O Brasil registrou, em 2021, 544.460 casos (taxa de incidência de 255,2 casos por 100 mil habitantes) de dengue. Uma redução expressiva de 42,6 % quando comparado com 2020 (BRASIL, 2022).

Já o termo pandemia é utilizado quando uma epidemia se espalha por diferentes continentes, com transmissão de doenças sustentada de pessoa para pessoa. Nesse cenário, as doenças se espalham pelo mundo causando perdas de vidas, problemas econômicos e de circulação da população (DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, 2009). Este cenário é semelhante ao que já ocorreu em outros momentos da história, como por exemplo entre 1918 e 1920, quando a gripe espanhola matou pelo menos 20 milhões de pessoas pelo mundo, número

maior do que os 4 anos da Primeira Guerra Mundial, de 1914-1918, que vitimou, aproximadamente, oito milhões de pessoas. No Brasil, a pandemia causou grande comoção e foi divulgada nos jornais impressos (Figura 31, abaixo). Em 2009, estima-se que o vírus H1N1 tenha infectado cerca de 1 bilhão de pessoas e tenha matado milhares no primeiro ano de detecção. Desde 2019, a pandemia do COVID-19 reformulou os hábitos e o modo de vida de praticamente toda a população mundial (KIND; CORDEIRO, 2020).

Figura 31: Pandemia da gripe espanhola no Brasil.



Fonte: (“Pandemia em 1918 parou torneios, ... - 29/03/2020 - Esporte - Folha”, 2020).

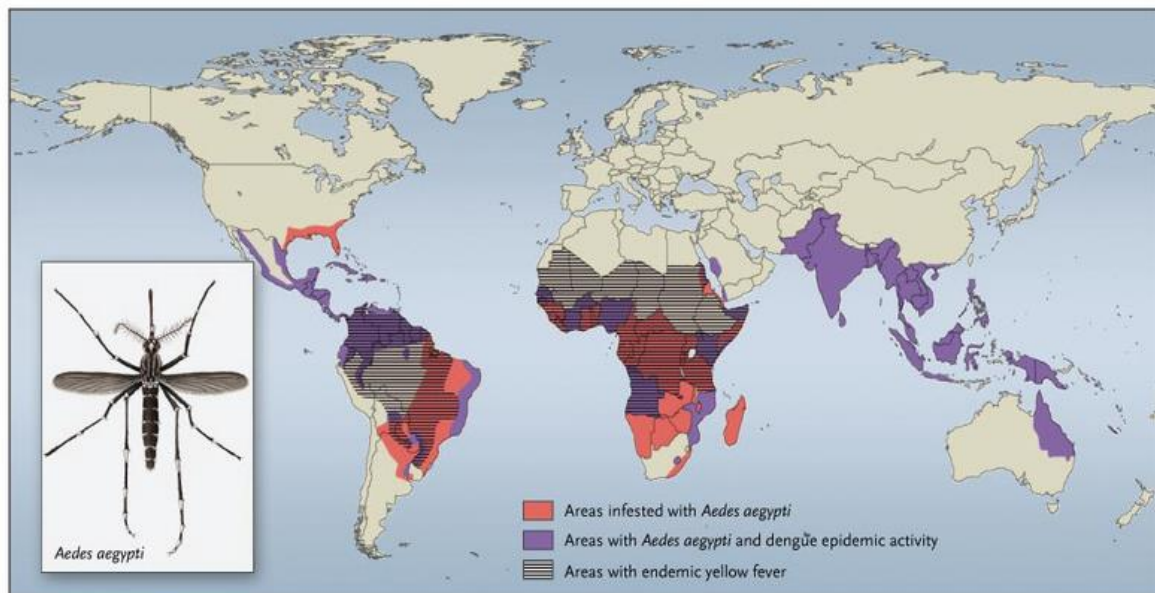
Alguns pesquisadores defendem que a pandemia do novo coronavírus (COVID-19) não é uma pandemia comum, mas sim uma sindemia. A sindemia é definida quando duas ou mais doenças, ou estados patológicos, interagem de tal forma que causam danos maiores do que a mera soma dessas duas doenças. Essa realidade é observada no mundo atualmente, visto que, desde a chegada do novo coronavírus e a implementação dos protocolos de segurança, doenças pré-existentes foram agravadas e os tratamentos dificultados. Além disso, o fator socioambiental tem grande influência nesse cenário, pois uma sindemia contempla, além dos problemas de saúde que atendam a características biológicas, o seu impacto social. A sinergia de pandemias abrangendo características biológicas de um agente viral altamente patogênico com a diabetes, obesidade, desnutrição, pobreza e até mesmo mudanças climáticas podem ser devastadoras e ter impacto socioeconômico mundial (ZERÓN, 2020).

Diferentemente das outras classificações, a endemia não considera o número de ocorrências de uma doença, mas sim a frequência com que uma enfermidade, ou agente infeccioso aparece em uma zona geográfica determinada sem ser disseminada por outras comunidades. Por isso, é comum que ela seja percebida de forma sazonal, como, por exemplo, os casos de febre amarela comuns na região amazônica ou casos de malária em algumas regiões do planeta (DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, 2009).

Aedes Aegypti

A primeira ocorrência do mosquito *Aedes Aegypti* foi registrada no Egito em 1762, o que lhe conferiu o nome que significa “desagradável do Egito” (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2016). A partir de então, a espécie se alastrou mundialmente e encontra-se sobretudo entre as latitudes 35° Norte e 35° Sul, regiões de climas tropicais e subtropicais (Figura 32, abaixo), que favorecem o seu processo de reprodução, sendo considerada atualmente pela Centro Europeu de Prevenção e Controlo das Doenças (ECDC) uma das mais difundidas no planeta.

Figura 32: Distribuição da dengue e da febre amarela pelo mundo.



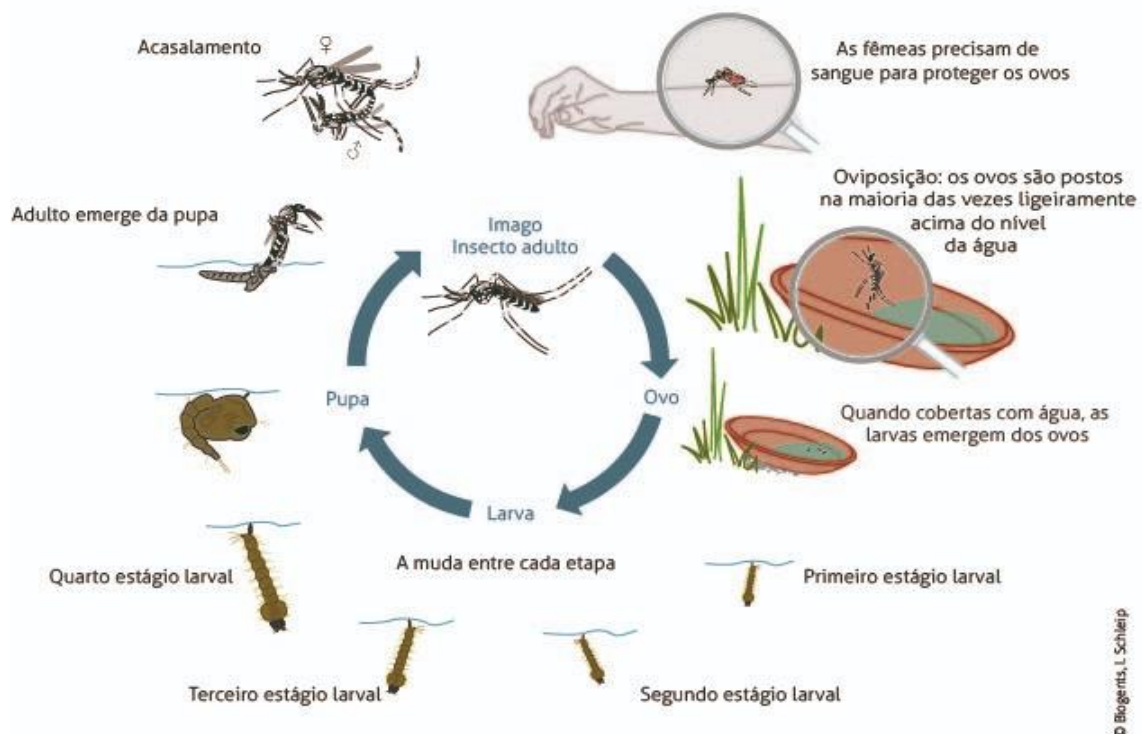
Fonte: Silva (2011).

Acredita-se que seu alastro teve origem ainda no período da escravatura, a bordo dos navios negreiros, nos quais os mosquitos chegaram ao Brasil e, parte da população da espécie teve sua adaptabilidade ao meio antrópico favorecida pelo desequilíbrio ambiental dos grandes desmatamentos no período da colonização.

No decorrer do processo seletivo da espécie, o mosquito desenvolveu características extremamente sinantrópicas e antropofílicas que favoreciam sua alimentação por repastos sanguíneos, essencial para maturação ovariana da fêmea, favorecendo seu ciclo reprodutivo (Figura 33, abaixo).

Durante o período diurno, é encontrado em locais escuros e escondidos das residências devido a sua predileção pelos horários menos quentes do dia e, além disso, é capaz de alojar os ovos na parede interna de recipientes manufaturados, com a presença de água, para desenvolvimento da fase larvária. Desta forma a quantidade do mosquito está ligada a disponibilidade de pontos com água parada em cada região. Há predileção da fêmea pela água limpa, mas já foi comprovado que ela também deposita seus ovos em águas com maior presença de partículas orgânicas (NATAL, 2002). Logo, nota-se que o perfil comportamental da espécie foi adaptado ao ambiente urbano, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde ainda não há um descarte correto e satisfatório de embalagens e produtos, somada às más condições de saneamento.

Figura 33: Ciclo reprodutivo do mosquito *Aedes aegypti*.



Fonte: Adaptado de Meena (2020).

O mosquito *Aedes Aegypti* é vetor para doenças como dengue, febre amarela, Chikungunya e Zika. O motivo pelo qual o mosquito é vetor de tantas doenças é a composição de seu trato digestivo, que proporciona a sobrevivência dos vírus responsáveis por essas

doenças por mais tempo que outros vetores presentes na natureza. Além disso, soma-se o fato de que todo ser vivo, instintivamente, apresenta comportamentos relacionados à necessidade de manutenção e reprodução da espécie. Assim, o vírus dessas doenças encontrou no *Aedes aegypti* a relação simbiótica perfeita, uma vez que há predileção do mosquito pelo sangue humano para desenvolvimento dos ovários das fêmeas e, com isso, o vírus pode ser alastrado em grandes agrupamentos humanos por meio de um único vetor (OECD, 2018).

As investidas higienistas no Brasil no início do século XX pelo epidemiologista Oswaldo Cruz, que instituiu nas “brigadas sanitárias” (1902-1907) tinha como um dos objetivos o combate à febre amarela e, com isso, houve disseminação de técnicas – como o “fumacê”⁴⁸ – no combate ao mosquito. Nas décadas de 1930 e 1940, o governo brasileiro firmou um acordo com a Fundação Rockefeller que atuaria em parceria com o Departamento Nacional de Saúde Pública (DNCP) no combate à febre amarela em áreas litorâneas (BRAGA; VALLE, 2007a). Além do acordo com a fundação norte-americana, outros programas de combate ao *Aedes Aegypti* foram implementados. A grandiosidade e intensidade das campanhas fez com que, em 1958, a Organização Mundial da Saúde declarasse que o país estaria livre do *Aedes Aegypti* na XV Conferência Sanitária Pan-Americana, em Porto Rico. Porém, em 1960 o mosquito voltou a ser novamente identificado no Brasil e, por meio de mais campanhas e investimentos públicos, foi erradicado novamente em 1973, mas sem sucesso permanente. Três anos mais tarde havia ocorrências de casos de dengue no Brasil, possivelmente provocadas pelo intenso êxodo rural e conseqüente crescimento desordenado das cidades. Foi comprovado a partir de então que a erradicação completa do vírus é algo inalcançável e seria possível apenas o seu controle populacional por meio de técnicas a serem desenvolvidas.

Anualmente, o Brasil sofre com a sazonalidade da dengue, que tem maior ocorrência nos cinco primeiros meses do ano, cujas temperaturas são mais quentes e o clima mais úmido, típico de países tropicais. Historicamente, até o ano de 1999, a transmissão epidemiológica de dengue no Brasil pode ser dividida em três ondas. Na primeira, contida no período de 1986 a 1987, contou com incidências de 35,2 a 65,1 casos por 100 mil habitantes. A segunda, nos anos 1990 e 1991, representou riscos à população do Ceará, contabilizando 249,1 casos a cada 100 mil habitantes e do Rio de Janeiro, com 613,8 casos a cada 100 mil habitantes. A terceira onda refere-se a dados coletados a partir de 1994 que apontaram para a rápida distribuição do vetor

⁴⁸ A técnica do fumacê consiste em emitir uma "nuvem" de fumaça com baixas doses de um agrotóxico que elimina a maior parte dos mosquitos adultos presentes na região, seja a partir de um veículo automotivo ou por pessoas a pé devidamente equipadas.

em território brasileiro, que levou à rápida ascensão da doença entre os anos de 1997 e 1998 (BRAGA; VALLE, 2007b).

Historicamente, órgãos competentes do governo brasileiro, bem como a Organização Mundial da Saúde, atuam ativamente no controle do vetor da dengue e demais enfermidades. Segundo a Fundação nacional de saúde (2002), em julho de 2001, foi implantado o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PNCD), elegendo municípios onde houvesse maior número de contágios para aplicação do plano.

A partir das informações explanadas, é possível concluir que a disseminação epidêmica da dengue não apenas no Brasil, mas em outros continentes, aponta para a necessidade de maior investimento em tecnologias e metodologias adequadas no combate do vetor. Além disso, a sensibilização das comunidades acerca de boas posturas no descarte dos resíduos sólidos e correto armazenamento de água são fundamentais para o combate ao *Aedes Aegypti*.

Nos últimos anos novos equipamentos e técnicas estão sendo criados e entre esses equipamentos os VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados) têm ganhado espaço na arquitetura, na engenharia e em áreas da saúde, incluindo o combate à Dengue. Aferir como esses novos equipamentos, associados a outras tecnologias, podem contribuir com saúde pública é crucial (CARAÚBA et al, 2016).

Veículos Aéreos Não Tripulados

Face as dificuldades para realização de perícias, avaliações e vistorias em grandes áreas, outras formas de inspeção foram surgindo com o avanço da tecnologia. A constante evolução tecnológica carrega consigo a possibilidade de melhorar e aperfeiçoar métodos de trabalho em todos os campos de estudo, como na arquitetura, no urbanismo e nas engenharias. Métodos tradicionais de perícias, avaliações e vistorias estão sendo aprimorados ou substituídos por novas técnicas. Destaca-se, na última década, a utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), ou Drones, na linguagem popular (PAULA; GENTIL, 2020). A incorporação desses equipamentos aos processos de inspeção ainda não está completamente normalizada, mas apresenta-se com enorme potencial de agregar qualidade e enriquecer as coletas de dados em inspeções e/ou perícias. Os Drones podem ser utilizados para levantamentos completos, onde, a partir de um plano de voo sistematizado e com uma metodologia bem desenvolvida, pode-se obter informações valiosas para a detecção de patologias e demais aspectos, sejam eles urbanos, construtivos ou outros (TONDELO; BARTH, 2019).

A utilização de VANTs é vantajosa por possuir caráter não-destrutivo (CARAÚBA et al, 2016). A partir do levantamento fotográfico-visual com câmeras de alta definição e/ou câmeras termográficas, torna-se possível, por exemplo, caracterizar precisamente variadas manifestações patológicas, colaborando para a aferição das melhores soluções disponíveis em cada situação (HARVEY; ROWLAND; LUKETINA, 2016).

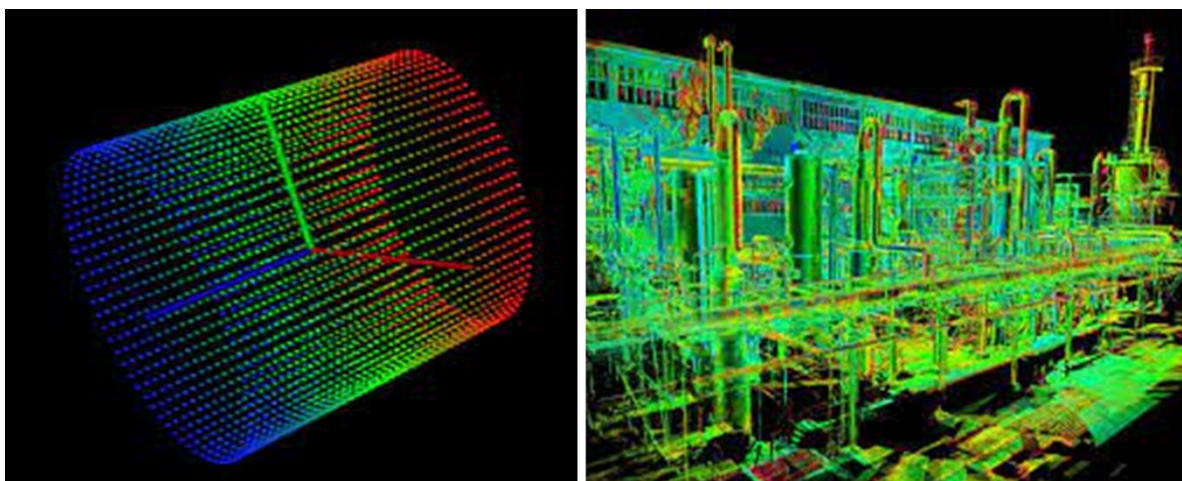
A utilização de drones na fotogrametria⁴⁹ contribuiu para tornar essa atividade mais eficiente, rápida e segura. Antes do desenvolvimento dessa técnica, era necessária a utilização de equipamentos mais complexos, pesados e de difícil manuseio para realizar tais funções. Também é importante destacar a riqueza de detalhes que os drones proporcionam, aspecto que melhora muito a eficiência e o resultado dos trabalhos (TONDELO; BARTH, 2019). Com a utilização de equipamentos como os *laser scanner* e os VANTs, é possível gerar um modelo 3D de edificações e ambientes diversos por meio de nuvens de pontos georreferenciadas e os ortomosaicos.

Nuvens de pontos e modelos 3D's e o ortomosaico

A nuvem de pontos é composta por um conjunto de pontos georreferenciados no espaço (Figura 34, p.88), capazes de recriar áreas e estruturas por modelos 3D, com precisão milimétrica, baseado na estrutura real. Esses pontos podem ser obtidos por equipamentos como o *Laser scanner* ou Drones, com posterior processamento de imagens em um software. Destaca-se o uso das nuvens de pontos na inspeção de edificações, levantamentos topográficos, registro de patrimônio histórico, monitoramento de estruturas e mapeamento da execução das instalações em edifícios residenciais e comerciais. Por intermédio dela é possível levantar diversas informações como profundidade, elevação, geometria e localização (SOUSA; SOUSA; CENTENO, 2021).

⁴⁹ A fotogrametria é definida como a ciência aplicada a técnica e a arte de extrair de fotografias métricas, a forma, as feições, as dimensões e a posição dos objetos nelas contidos a partir da sobreposição de imagens.

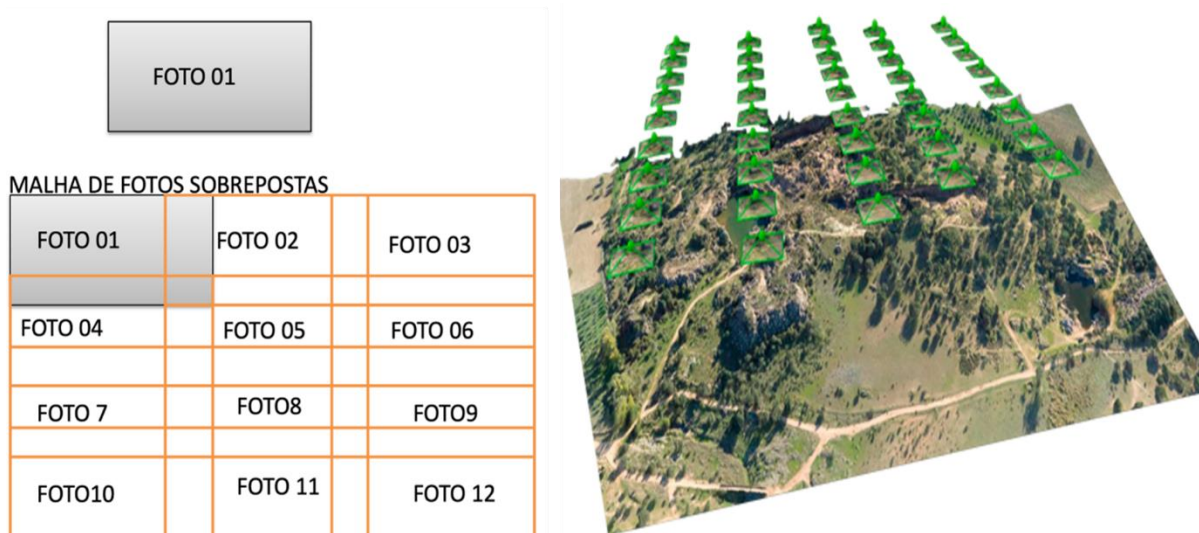
Figura 34: Pontos georreferenciados no espaço.



Fonte: Muller Filho (2015).

O ortomosaico, por sua vez, é a reunião de várias ortofotos, sobrepostas, das áreas a serem analisadas. Faz-se uso de modernos *software* de processamento, que usam o georreferenciamento das ortoimagens para sobrepor as ortofotos e gerar linhas de corte para uni-las de modo que centenas ou milhares de ortofotos tornem-se uma única imagem (Figura 35, abaixo). O resultado é uma imagem nítida, com alta qualidade espacial e precisão, atributos que denotam o principal benefício desta tecnologia (CHAMAYOU, 2015).

Figura 35: Sobreposição de fotos e formação do ortomosaico



Fonte: "TERRAGES", [s.d.], modificado pelo autor.

Aspectos metodológicos

Para construção do segundo estudo de caso foram realizadas revisões bibliográficas, simulações e trabalhos em campo apoiados na caracterização dos objetos de estudo, visitas exploratórias, levantamentos de dados, mapas, *software* de modelagem e informações coletadas com auxílio de um Drone equipado com uma câmera térmica (*thermal*).

Foram usados dados primários, coletados nas visitas e inspeções técnicas ao local, e dados secundários, de outros autores. Por essas características o estudo possui natureza qualitativa e quantitativa.

Foram realizados testes para adequar as configurações do equipamento e garantir uma coleta de dados mais segura. Ao todo foram efetuados 37 voos entre os meses de junho de 2020 e janeiro de 2021, entre às 10:00 e 15:00, para aproveitar a iluminação natural. Vale ressaltar que o autor adquiriu o equipamento (Drone) e fez um curso de mapeamento aéreo e pilotagem de VANTs, a fim de construir a pesquisa com maior autonomia.

Parâmetros para a caracterização da área de estudo

Na pesquisa, foram utilizados parâmetros para interpretação e leitura do espaço urbano, e as áreas estudadas foram classificadas quanto ao uso e quanto a suas características, conforme descrito a seguir:

- A área na cidade: Histórico, localização, articulação com a cidade, perfil socioeconômico local, mobilidade urbana e segurança, usos e características físicas;
- Dados do *Aedes Aegypti* na região.

Os resultados das pesquisas preliminares serviram de apoio para o desenvolvimento mais aprofundado do trabalho em sua segunda fase e na elaboração da metodologia de pesquisa.

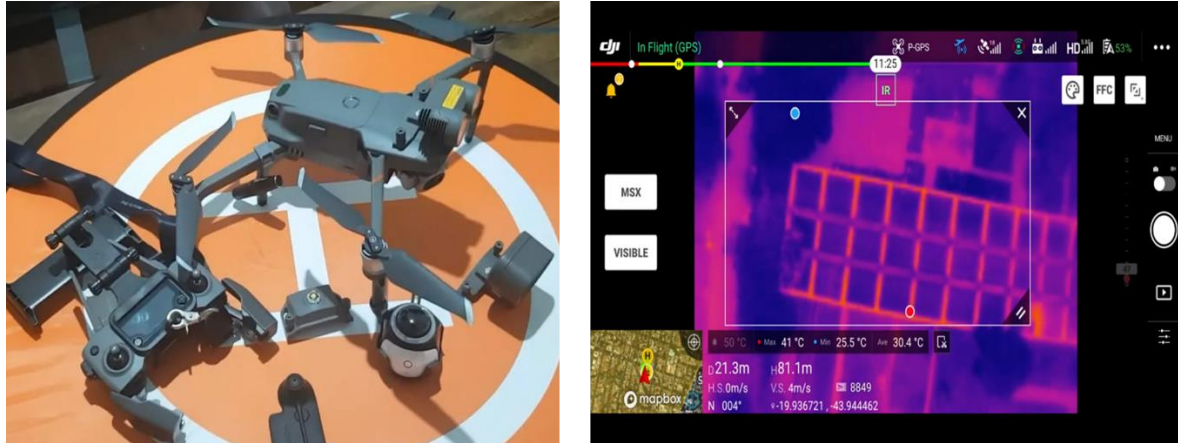
Equipamentos: Drone DJI MAVIC 2 Enterprise DUAL com câmera térmica

O Mavic 2 Enterprise Dual é um drone industrial portátil equipado com potentes câmeras térmicas e visuais que proporcionam aos pilotos uma ferramenta para realizar operações de levantamento topográfico, segurança e salvamento.

Esse drone permite aos utilizadores medir temperaturas e armazenar de forma conveniente imagens e dados de temperatura para criar relatórios e análises eficientes, ampliando a gama de operações industriais; desde inspeções de serviços públicos até operações

de resgate e salvamento. O equipamento pesa 905 gramas, e atinge velocidade de 72 km/h (Figura 36, abaixo).

Figura 36: Mavic 2 Enterprise Dual e imagem feita pela sua Câmera Termal.



Fonte: Autor.

A imagem dinâmica multiespectral resultante da utilização do drone apresenta detalhes de luz visível com alta fidelidade nas imagens térmicas, ajudando os pilotos a identificar e interpretar rapidamente dados críticos que podem não estar visíveis a olho nu.

Plano de voo, mapeamento aéreo e processamento das imagens

Para a realização do voo, foram necessários alguns procedimentos para garantir a legalidade da coleta de informações, coerente com normas judiciais, e garantir a segurança do levantamento.

O equipamento (Drone e controle) e o piloto (autor) foram registrados e homologados pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e pela Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC). Após a inspeção visual para análise do ambiente, foi necessário realizar, antes de cada voo, um cadastro antecipado do plano de voo junto ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), no qual foram inseridas informações básicas como latitude, longitude, altura, raio de voo e a área na qual o voo iria acontecer. Somente após a aprovação e liberação do DECEA o piloto pôde realizar o trabalho. Todas as etapas acima são realizadas via internet, nos sites das referidas agências.

Para o planejamento do voo automático, pré-programado, necessário para criação do modelo 3D, foi necessário elaborar um planejamento de voo mais detalhado em um software de pilotagem, especificando a rota do voo, a velocidade do Drone, configuração das câmeras,

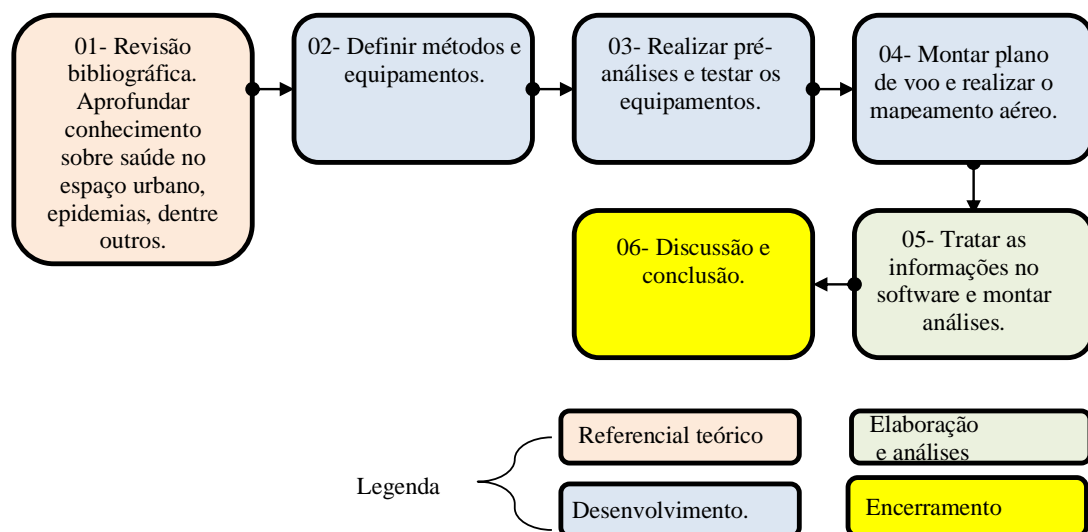
altura e o perímetro preciso a ser explorado. Para o presente estudo foi utilizado o *software DJI Pilot*, fornecido pela fabricante do VANT.

Por meio do escaneamento tridimensional, o drone coletou os pontos do volume em estudo utilizando a técnica LIDAR (*Light Detection And Ranging*). Após a coleta dos dados, foi necessário processar as imagens para gerar nuvem de pontos, mapas, o modelo 3D, a fotogrametria, ortomosaicos e as curvas de nível da região. Foi utilizado o software Metashape, produzido pela empresa Agisoft.

A definição dos equipamentos e a realização de testes iniciais são aspectos metodológicos relevantes neste estudo, tendo sido descritas como etapas da metodologia proposta para este caso. Também fez parte dessa proposta a definição do plano de voo descrita neste tópico.

A fim de esclarecer a relação entre todas as ações investigativas realizadas no âmbito deste segundo estudo de caso, a Figura 37, abaixo, apresenta a sequência das etapas realizadas na construção da parte da pesquisa ora apresentada. A seguir, são apresentadas as análises de resultado do estudo sobre a Modelagem computacional de ambientes construídos e espaços públicos urbanos em busca de focos do mosquito *Aedes Aegypti*.

Figura 37: Sequência de desenvolvimento e aplicação da pesquisa do estudo de caso 02.



Fonte: Autor.

Análise de resultado

Este tópico tem por objetivo apresentar as análises dos resultados da modelagem computacional do Colégio Governador Milton Campos elaborada com o uso de Drones, nuvem de pontos, câmeras térmicas e geração de modelos na busca de focos do mosquito *Aedes Aegypti*.

Sobre o local selecionado

Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, é o sexto município mais populoso do Brasil com cerca de 2.521.564 habitantes, com índice de desenvolvimento Humano (IDH) de 0,810. Possui uma área de 331 km². A população está distribuída em 487 bairros administrados por nove regionais e possui cerca de 226 vilas e favelas (PORTAL BELO HORIZONTE, 2021).

O colégio tomado como caso chamava-se Liceu Mineiro de Ouro Preto em 1898, quando era uma escola de educação secundária, foi transferido para Belo Horizonte e, em 1943, passou a se chamar Colégio Estadual de Minas Gerais. No ano de 1956, recebeu o nome de Escola Estadual Governador Milton Campos. Em 1973, o nome popular “Estadual Central” ganhou força, quando anexos do colégio começaram a ser instalados em outras partes da cidade. Desde a década de 1950, a escola funciona no endereço atual, à rua Felipe dos Santos, no bairro de Lourdes em Belo Horizonte- MG.

Localizada na região centro-sul de Belo Horizonte, o bairro de Lourdes foi oficialmente fundado na década de 1930, mas sua história começou a surgir bem antes. Situado nas seções urbanas 4^a, 10^a e 11^a, a primeira ocupação foi realizada por moradores que formaram a Favela do Leitão, às margens do córrego de mesmo nome. Com as obras de canalização do córrego a favela foi removida na década de 1920 e deu lugar a um bairro de alto padrão social.

O complexo arquitetônico da escola (Figura 38, p.93) foi projetado por Oscar Niemeyer e, em 1954, a obra foi executada durante a gestão de Juscelino Kubitschek, no governo de Minas Gerais, no local onde antes funcionava o Regimento da Cavalaria da capital mineira.

Figura 38: Escola Governador Milton Campos em 1954 (esquerda) e em 2021 (direita).



Fonte: MIGLIANI (2014), esquerda; Autor, (2021), direita.

A escola ocupa dois quarteirões no bairro de Lourdes; além do conjunto de prédios de Niemeyer, o Colégio teve suas instalações ampliadas para outro quarteirão de frente, onde fica a praça de esportes com piscina, quadras de jogos de vôlei e basquete, pista de atletismo, duas arquibancadas e vestiários, destinadas às práticas esportivas para alunos e professores e às aulas de educação física. Posteriormente, no mesmo local foi construído um novo prédio de salas de aula, hoje denominado de Unidade II.

Conforme o projeto arquitetônico (Anexo A – MATERIAL GRÁFICO SOBRE O COLÉGIO GOVERNADOR MILTON CAMPOS), alguns dos edifícios têm formato que se assemelha a objetos escolares, como: a caixa d'água que lembra um giz; as salas de aula, uma régua "T"; a cantina que tem o formato de uma borracha; e o auditório, de um mata-borrão (antigo objeto para absorver tinta).

Atualmente o complexo arquitetônico da Escola Estadual é considerado patrimônio da capital mineira pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA-MG).

O bairro de Lourdes possui uma articulação urbana privilegiada dentro da cidade, pois é circundado pela Avenida do Contorno e faz divisa com importantes áreas da cidade como o centro comercial da Savassi e a Praça da Liberdade. A região é atendida por várias linhas de ônibus, mas não é atendida pelo metrô. Suas ruas e avenidas são largas e arborizadas (ANDRADE; MENDONÇA; DINIZ, 2015).

O bairro de Lourdes possui o maior IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), da capital mineira (0,995). Constituem-se como critérios de medição do IDH Global: longevidade, educação e renda. Quanto mais próximo de 1, significa que o bairro, a cidade ou o país está alcançando padrões de qualidade máxima. Além disso, o bairro em questão se destaca por ser

um dos bairros mais nobres da capital mineira (TEIXEIRA; DE PÁDUA CARRIERI; PEIXOTO, 2015).

Sobre a segurança, destaca-se que em Belo Horizonte, nos últimos anos, observa-se uma redução nos níveis de crimes registrados, sendo a região centro-sul – onde o Bairro de Lourdes está inserido – a mais segura da capital mineira (AMORIM, 2018).

O bairro de Lourdes é predominantemente residencial e é considerado como um bairro de altíssimo padrão; abriga desde pequenos edifícios de 3 ou 4 andares, que marcaram o início da verticalização da cidade, até edifícios altos com unidades residenciais, salas e espaços corporativos. A beleza da região, as ruas arborizadas, com a presença de belas praças, escolas, faculdades, bares, comércio de luxo e a localização privilegiada são características que fazem do Lourdes um dos espaços mais procurados para se morar na capital mineira (PORTAL BELO HORIZONTE, 2021). Na região, encontra-se também uma ampla oferta de hotéis voltados para as classes sociais da população abastada (MACHADO; PEREIRA; DE OLIVEIRA, 2017).

Na cidade de Belo Horizonte, a ocorrência de casos de dengue, chikungunya e zika é monitorada continuamente mediante análises epidemiológicas e mapas de intensidade de casos. As informações epidemiológicas são atualizadas semanalmente pela prefeitura. Segundo boletim divulgado pela Secretaria Municipal de Saúde (SMSA), toda a região metropolitana de Belo Horizonte, sem exceção, está sendo atingida pelas arboviroses provocadas pelo *Aedes Aegypti*.

Na cidade de Belo Horizonte, em 2020, foram confirmados 4.751 casos de dengue, 38 casos de chikungunya e 52 casos notificados de zika em residentes. Em 2021, ano atípico devido à pandemia do Covid-19, houve uma diminuição do número de casos, tendo sido aferidos 1045 casos de dengue, 58 casos de chikungunya e 13 casos notificados de zika em residentes. Em 2022, até o dia 23 de junho, foram confirmados 782 casos de dengue na cidade, havendo 1.424 casos notificados pendentes de resultados de exames laboratoriais e, das avaliações epidemiológicas, foram confirmados 59 casos de chikungunya e até a data acima citada não havia confirmação de casos de zika (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2022).

Em 2022, a região Nordeste de Belo Horizonte, até o lançamento do último boletim epidemiológico até a data referida, tem sido a mais afetada pela dengue, com 153 casos confirmados e 160 casos suspeitos, ultrapassando os bairros da regional Norte, Venda Nova e Pampulha, que historicamente são os bairros mais afetados, preocupando a SMSA para o risco de dengue, Chikungunya e Zika. A regional historicamente menos afetada é a regional centro-sul, regional da Escola Estadual Governador Milton Campos, mas ainda assim os números de casos no local são alarmantes (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2022).

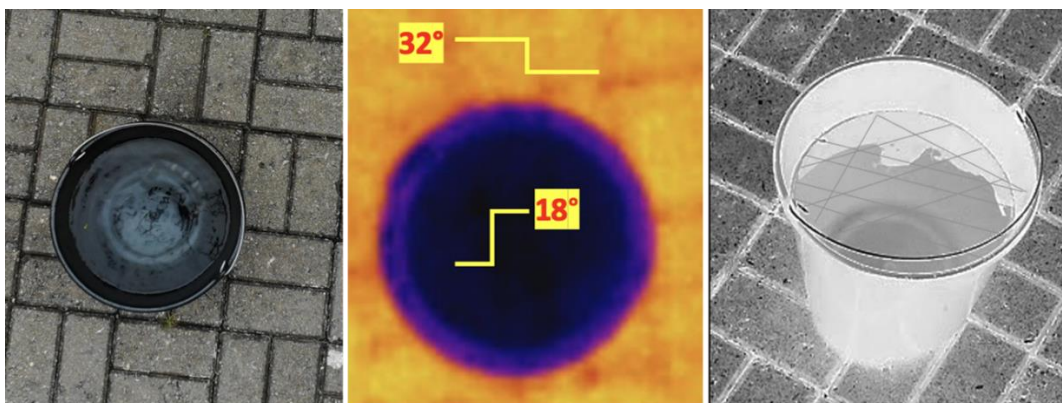
Sobre a pesquisa preliminar e a calibração do equipamento

O objetivo da pesquisa preliminar foi avaliar a capacidade do equipamento em colher as informações de um objeto estático único, um balde com água, em uma área reduzida, e dos *software* empregados em processar os dados capturados no levantamento. Vale ressaltar que o autor tem ciência de que existem equipamentos com maior capacidade, qualidade e precisão, mas devido aos custos optou-se pelos equipamentos e software descritos na metodologia.

Os testes para a pesquisa preliminar foram realizados no dia 19 de junho de 2020, entre às 13:00 e 14:00 horas, na rua R. Paraíba, 697 - Savassi, Belo Horizonte - MG. No momento do levantamento, a temperatura ambiente era de 27°. Os voos foram efetuados com 20, 30, 40, 50, 60 e 70 metros de altura.

A câmera 4K do drone forneceu imagens de alta resolução, que auxiliaram na identificação dos elementos no espaço. A câmera térmica foi capaz de demonstrar com clareza a diferença termal entre os materiais. Destaca-se por exemplo a diferença entre a temperatura da água (18°) e do piso (32°) em um dia com a temperatura ambiente de 27°. O modelo 3D permitiu ainda a análise do objeto por todos os lados (Figura 39, abaixo).

Figura 39: Imagem em alta resolução (esquerda). Imagem termal (centro). Imagem do modelo 3D (direita).



Fonte: Autor.

O Ortomosaico gerado trouxe uma representação fotográfica de uma área no qual todos os seus elementos apresentam a mesma escala, livre de erros e deformações, com a mesma validade de um plano cartográfico. Para a construção do ortomosaico, (Figura 40, p.96), foram utilizadas 20 fotografias em um voo a 40 metros de altitude.

Figura 40: Ortomosaico de área de estudo.

Fonte: Autor.

Com o ortomosaico, foi possível extrair o mapa de altimetria do projeto e analisar o entorno da região. Para a pesquisa preliminar, o mapa de altimetria foi extraído, mas não utilizado pois seus dados eram dispensáveis. Com os resultados da pesquisa preliminar, foi possível identificar a altitude necessária para captura das informações sem perda de qualidade, além de compreender e ajustar as configurações dos equipamentos, tanto *hardware* quanto *software*. Observou-se que a altura do voo interfere diretamente na qualidade das imagens e do modelo final. A partir de 60 metros, para o equipamento utilizado, as imagens perdem precisão na coleta de detalhes da cena, principalmente a câmera termal.

Após a calibração do equipamento e aferição dos dados da pesquisa preliminar foi possível validar os dados iniciais e desenvolver a pesquisa principal na área da Escola Governador Milton Campos. O aerolevanteamento com o Drone na região da Escola Governador Milton Campos foi realizado no dia 06 de janeiro de 2021, entre às 13:00 e 14:30 horas. A temperatura ambiente permaneceu estável, entre 26° e 27°. O Drone capturou 194 fotos em um voo a 50 metros de altitude. Os dados foram importados para o *software* Metashape para geração do ortomosaicos (Figura 41, p.97), do mapa de altimetria, da criação da nuvem de pontos e do modelo 3D. As imagens térmicas não precisaram de tratamento.

Figura 41: Ortomosaico de alta resolução - voo a 60 metros.



Fonte: Autor

O mosaico de ortofotos gerado (Figura 41, p.97) possui alta resolução e possibilitou a ampliação em todas as áreas avaliadas, sem perda de qualidade (Figura 42, abaixo), tornando possível a aferição detalhada das condições dos ambientes, como por exemplo a existência de fissuras, trincas, infiltrações, detalhes em calhas, encaixe de telhas, sujeiras (lixo e entulhos) e outros. Além disso, o ortomosaico possibilitou realizar medições diretas de distâncias, como cálculos de áreas (Figura 43, abaixo) e de ângulos.

Figura 42: Ampliação do telhado (esquerda) e ampliação da rua (direita).



Fonte: Autor.

Figura 43: Ampliação da caixa de água da escola (esquerda). Medição da área das poças de água (direita).

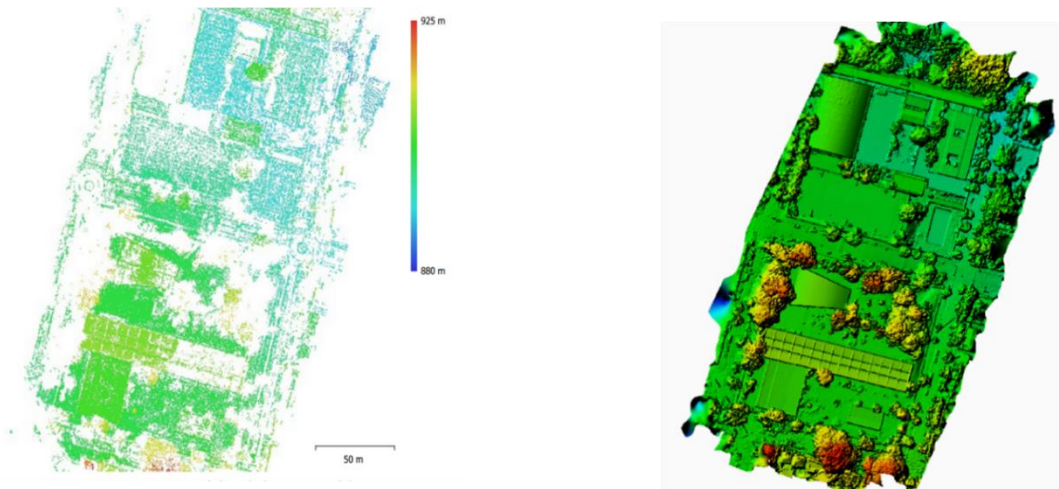


Fonte: Autor.

Através do cálculo dos ângulos, foi possível extrair o mapa de altimetria⁵⁰ da região (Figura 44, p.99). O mapa de altimetria auxilia a compreensão do escoamento da água de toda a região e pode ser configurado para trabalhar com escalas mínimas, como milímetros, centímetros ou escalas mais amplas, como metros ou quilômetros.

⁵⁰ Mapa de altimetria é a representação da elevação de pontos de uma superfície. Essa representação pode ser realizada, entre outros, pela representação de curvas de nível, pontos no espaço ou cores.

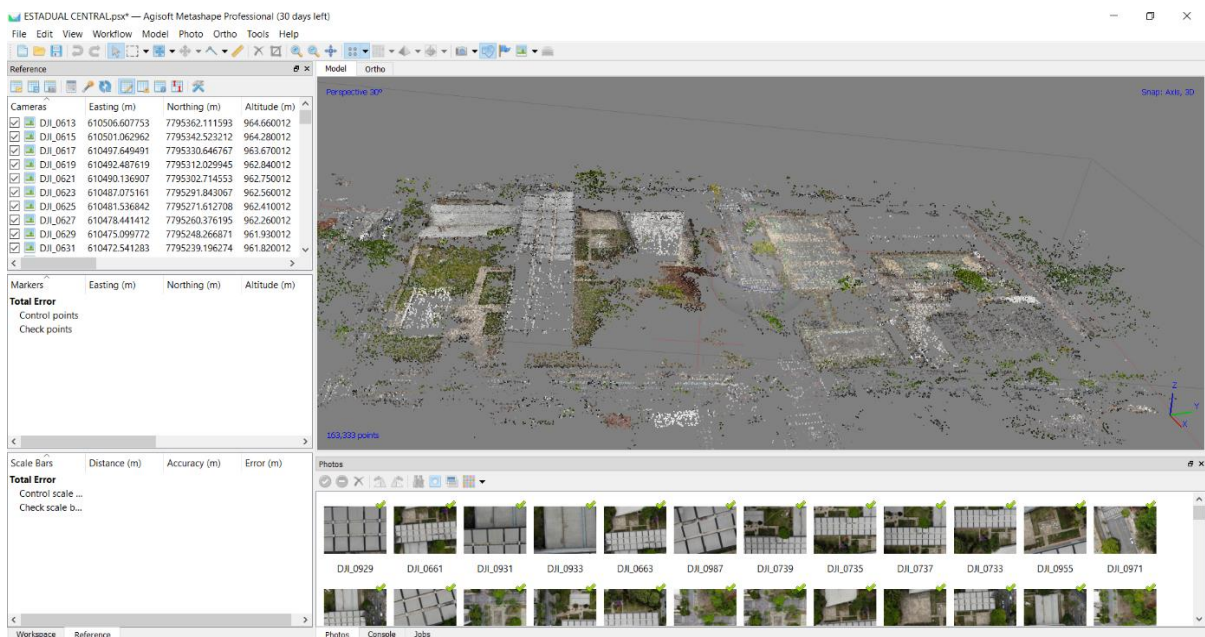
Figura 44: Mapa de altimetria por portas (esquerda) e mapa de altimetria texturizada (direita).



Fonte: Autor.

A utilização da nuvem de pontos (Figura 45, abaixo), por sua vez, proporcionou o escaneamento 3D de toda área, auxiliando dezenas de verificações visuais e medições digitais que foram extraídas e usadas para tomadas de decisões mais assertivas.

Figura 45: Geração de nuvem de pontos no Metashape.



Fonte: Autor.

No trabalho foram gerados milhares de pontos georreferenciados, proporcionando maior precisão nas análises de dados. Vale ressaltar que cada ponto pode ser manipulado e/ou avaliado individualmente ou em grupo. A quantidade de pontos interfere diretamente na qualidade do modelo 3D. Neste trabalho, a principal demanda para o uso da nuvem de pontos foi transformá-la em um modelo geométrico 3D.

O uso de dados da nuvem de pontos garantiu que o modelo 3D gerado (Figura 46, abaixo) fosse um reflexo da realidade e reduzisse o risco de potenciais erros de análises. O modelo 3D permitiu a análise completa, em 360°, de toda a estrutura e materiais. A possibilidade de rotacionar, ampliar, reduzir e manipular o modelo, facilita toda a inspeção e torna possível visualizar áreas que, com vídeos e fotografias tradicionais, dificilmente seriam aferidas.

Figura 46: Modelo 3D da área de estudo do caso 02.



Fonte: Autor.

Destaca-se que, durante a montagem do modelo 3D, o *software* apresentou problemas em representar superfícies muito planas e reflexivas (devido à ausência de pontos), como a água e vidros. Entretanto, viu-se nessa incompatibilidade a possibilidade de adotá-la como parâmetro para identificação desses materiais, pois é gerado um conjunto de linhas sobre essas superfícies, criando um possível padrão de identificação.

Técnica de rastreamento de focos do mosquito Aedes Aegypti

Ao analisarmos individualmente cada produto (ortomosaico, modelo 3D, câmera térmica e curvas de nível), pode haver dúvidas sobre composição dos elementos presentes no espaço, mas com o agruparmos das análises é possível criar parâmetros e, assim, aferir com maior acurácia as informações do modelo e identificar por exemplo, áreas que armazenam água e podem servir de desova para o mosquito *Aedes Aegypti*.

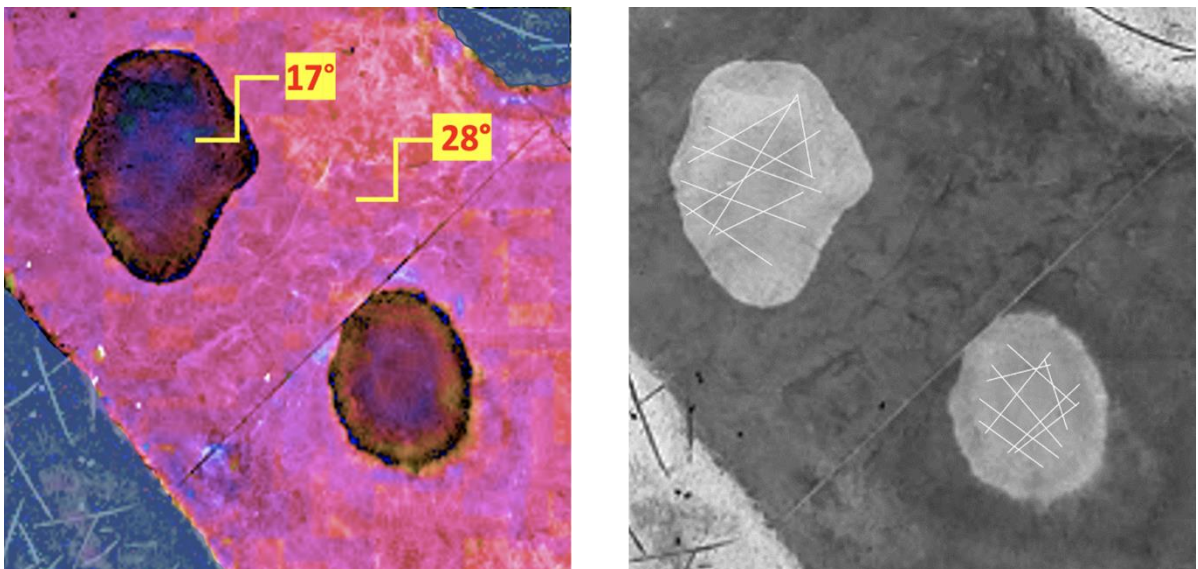
A ampliação do ortomosaico possibilitou o destaque de uma área com duas poças de água e o cálculo da área da superfície das poças (Figura 47, abaixo). A imagem térmica dos materiais e o modelo 3D com a superfície plana da água com erro de leitura devido à ausência de pontos da nuvem de pontos (Figura 48, abaixo) são importantes componentes para construção dos resultados desta pesquisa.

Figura 47: Poças de água e o cálculo das áreas das poças.



Fonte: Autor.

Figura 48: Imagem termal (direita) e modelo 3D - superfície da água destacada.



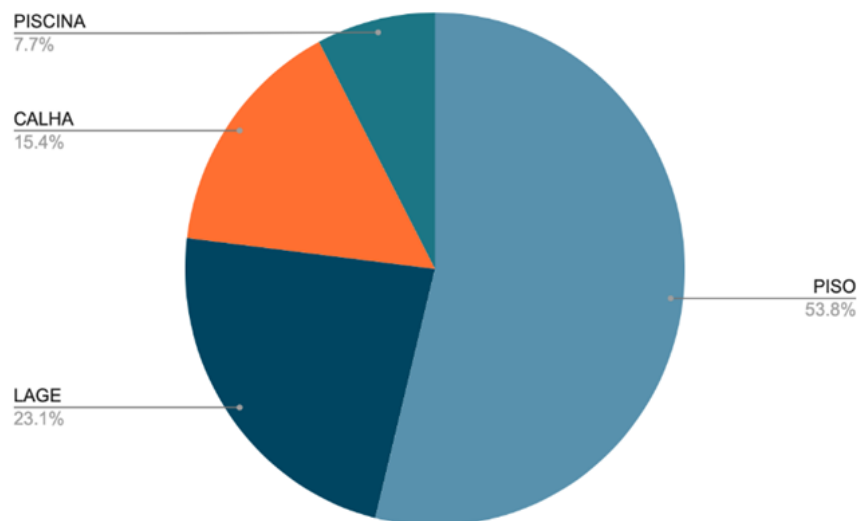
Fonte: Autor.

Os parâmetros de identificação visual, comportamento termal e planicidade da superfície (falta de pontos da nuvem), em conjunto, demonstram-se capazes de identificar

superfícies com a presença de água (objetivo dessa pesquisa) e materiais diversos. O parâmetro de medição da superfície pode auxiliar na avaliação da gravidade de cada situação.

Utilizando essa técnica foi possível identificar a presença de treze áreas com água acumulada em sua superfície dentro do terreno da escola Governador Milton Campos, sendo sete no piso, três nas lajes, duas nas calhas e uma na piscina desativada. A seguir (Figura 49, abaixo), são apresentados os dados em porcentagem.

Figura 49: Locais onde foram encontrados água acumulada - risco de focos de vetores de arboviroses.



Fonte: Autor.

Inferese que a maior parte dos acúmulos ocorre devido a irregularidades no escoamento da água, principalmente nos pisos de concreto e nas calhas dos telhados. A seguir é apresentada a discussão sobre a Modelagem computacional de ambientes construídos e espaços públicos urbanos em busca de focos do mosquito *Aedes Aegypti*.

Discussão

Por meio da construção da revisão bibliográfica, do levantamento aerofotogramétrico, da geração e análise dos produtos (ortomosaico, mapa de altimetria, nuvem de pontos, modelo 3D e imagens térmicas), foi possível definir dados quantificáveis para auxiliar a busca de focos do mosquito *Aedes Aegypti* por meio da modelagem ambiental. Desta forma, comprovou-se que estas tecnologias podem auxiliar o combate ao *Aedes Aegypti* em ambientes construídos e em espaços públicos urbanos.

Quando associados, Drones, câmeras térmicas e representações computacionais geram uma vasta quantidade de dados que contribuem com análises e interpretações mais precisas e

eficientes do modelo, tornando-o capaz de contribuir com a predição de eventos ligados a reprodução desse importante vetor de arboviroses. Destaca-se que foi possível transformar o maior problema identificado durante as inspeções preliminares (a falta de pontos de nuvem em superfícies planas) em um importante parâmetro de identificação de áreas com água parada. A altimetria e a termografia são também parâmetros relevantes no levantamento de dados.

Os resultados apresentam soluções ao problema de pesquisa identificado no âmbito deste caso ao validar a metodologia utilizada, podendo contribuir com políticas de saúde pública, espaço urbano e com a sociedade.

Depreende-se que o próximo passo para tornar essa metodologia mais rápida e eficiente parece estar no desenvolvimento de um software capaz de identificar e interpretar os parâmetros abordados de forma autônoma, sem a necessidade de interpretação constante do pesquisador.

A seguir é apresentado o terceiro estudo de caso desenvolvido nesta Tese, o qual foi utilizado para analisar as características de um modelo associado a saúde do espaço urbano e suas complexidades (modelagem do espalhamento da COVID-19 em Belo Horizonte no início da pandemia).

5.3. Modelagem de dados da covid-19 em Belo Horizonte⁵¹

Cenário e significância histórica

Doenças infecciosas foram relacionadas pelos gregos ao “contágio” que, por sua vez, era concebido como algo incompreensível e desconhecido, algo enviado por alguém, um deus, um inimigo, um agente que vinha de fora, emissários de bactérias ou viroses (TEMKIN, 1953). “Miasma” era o nome grego do ar contaminado, nome que persistiu até o século XIX. Permanece ainda hoje o conceito de “infecção” como algo de fora, uma ameaça do exterior, introduzida no território por indivíduos extrínsecos ao meio. A linguagem política contemporânea, por exemplo, tem a tendência de igualar inimigos políticos, étnicos ou raciais como uma metáfora da infecção, perigosamente contagiosa, necessitando ser eliminada (ANDERSON, 1996; BEIN, 1964; MOORE, 2000; RUSSELL, 1996; WEINDLING, 1999). O

⁵¹ Este tópico foi parcialmente apresentado em artigo elaborado pelo autor e coautores, no âmbito do desenvolvimento desta tese, publicado no *Brazilian Journal of Development* (HOPPE; SOUZA; CAIAFFA, 2021).

fantasma do “terrorismo islâmico” que tem assombrado os EUA desde 1990, encontrou sua forma objetiva no “bioterrorismo”, com as cartas com anthrax, em outubro de 2002 (SARASIN, 2006). Outras infecções têm sua correspondência com preconceitos e o medo, como o Ebola e o “mal da vaca louca”. Sontag (2002) refletiu sobre o poder da linguagem e sobre como um jogo de palavras, perverso e quase naturalizado, tornava determinadas doenças, durante o curso da História, sinônimos da presença do mal no mundo; ou seja, metáforas para descrever distúrbios, quer fossem políticos ou de outra natureza.

As tentativas de controle de doenças infecciosas e de seu impacto sobre a governança das áreas urbanas não são novas. Esforços formalmente organizados para lidar com as pandemias e suas consequências começaram no século XIV, com a peste bubônica em toda Europa, e no combate que se seguiu, até os séculos XVIII e XIX, às epidemias de varíola, tifo, febre amarela e cólera. As estratégias internacionais para lidar e conter a propagação dessas doenças parecem ter criado um modelo que persiste até os dias de hoje: a quarentena e o isolamento social (BANTA, 2001).

Na Inglaterra de 1377, foram aprovadas leis exigindo que os navios deveriam permanecer nos portos britânicos por 40 dias, o que interrompeu o fluxo comercial e as transações financeiras, conduzindo a tensões internacionais. Diálogos diplomáticos seguiram-se e não se limitaram à segurança econômica, mas também às questões relacionadas à saúde pública, no contexto internacional. Portanto, o modelo da quarentena e isolamento não são novos, mas são historicamente significativos para as pandemias desde então. Permanecem ainda hoje como vanguarda de respostas aos atuais surtos de doenças em um mundo globalizado.

Outros modelos recentes entrelaçam saúde, economia, política e sociedade e seus efeitos. Pela biopolítica (FOUCAULT, 2008), pode-se considerar as formas cotidianas em que o poder penetra nos corpos por meio da engenharia do espaço ou da instilação de hábitos, bem como a maneira como certos corpos estão excluídos da cidade, isto é, pela retirada da proteção do Estado sobre eles. Por outro lado, pode-se ver que, com a globalização, a biopolítica deveria cada vez mais fazer parte de projetos globais de "biossegurança" que entendessem a mutabilidade da vida biológica no tempo e no espaço como problemas de razões políticas. Em tais projetos, a biopolítica torna-se cada vez mais um diagrama global de poder em que todos os corpos seriam capturados, mas dentro do qual alguns seriam protegidos do risco, e outros expostos a ele.

Em 1918, ocorreu a "Gripe Espanhola", uma das mais devastadoras pandemias da história (aproximadamente 100 milhões de óbitos). Foi causada pelo vírus influenza H1N1. No século XX, ocorreram outras pandemias de gripe, como a "Gripe Asiática" (1957-1958),

causada pelo vírus H2N2, e a "Gripe de Hong Kong" (1968-1969), pelo vírus H3N2. Essas últimas pandemias foram responsáveis por uma mortalidade menor (3 milhões de óbitos) que foi relacionada à menor virulência e à maior disponibilidade de recursos médico-hospitalares.

Observaremos neste tópico as pandemias que se caracterizam primordialmente pela infecção inicial do trato respiratório. Com a revisão bibliográfica, percebemos que os elementos para sua modelagem em categorias são essencialmente contraditórios; as dinâmicas dos contextos em que ocorrem formulam polos opostos que poderiam construir valores escalares que, relacionados a outras díades de contradição, poderiam compor matrizes e relacionar uma a uma de suas células. O avanço sobre a discussão dialética desses temas poderia esclarecer mais as características dinâmicas do fenômeno, evitando generalizações pouco explicativas. As contradições se descrevem a seguir, baseadas na revisão bibliográfica.

Global vs. Local

Em 5 de maio de 2003, uma idosa sino-canadense, vinda de Hong Kong, morreu de pneumonia atípica em um hospital de Toronto. No dia 12 de março, a Organização Mundial de Saúde alertou o mundo sobre uma severa síndrome respiratória que se espalhava por Hanói, Vietnã e Hong Kong. Os médicos canadenses trataram de registrar o tráfego microbial pela cidade, que extrapolou Toronto numa velocidade rápida e se transformou numa pandemia. Cerca de 27.000 pessoas ficaram em quarentena, e outbreaks ocorreram entre março e junho. Na área de Toronto, houve 44 óbitos e, em Ontário, 38 óbitos (BRAUN, 2008). A pandemia viral afetou 29 países e infectou um total de 8.427 pessoas, das quais 813 morreram. Tratava-se do que em medicina se chama de uma típica doença infecciosa emergente (EID). A pandemia foi causada por um coronavírus até então desconhecido, que posteriormente foi decodificado como H5N1 - gripe aviária (DAVIS, 2005). No verão de 2003, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o fim da pandemia, porém ela havia causado danos em muitas comunidades urbanas e rurais em todo o mundo.

É possível tomar a pandemia Canadense como consequência da globalização das cidades, em geral, em razão dos avanços da tecnologia de transportes, em particular (BROCKMANN; HUFNAGEL; GEISEL, 2005). Há um forte consenso na literatura sobre globalização e saúde pelo qual a realidade deva ser tratada como num mundo pós-1648, cuja crítica traz a necessidade de repensar a estrutura de suas governanças considerando uma variedade de escalas entre o global e o local (FIDLER, 2003; HARRIS; LEIDEN, 2004; SEID; HARRIS, 2004).

O que se pergunta, a partir de então, é: quais serão as consequências da conectividade (entre o local e o global) para a governança da saúde no mundo? Embora as políticas de saúde pública sempre tenham sido um processo intensamente local, o sistema estadual “Westfaliano”⁵² define as políticas de saúde em contêineres nacionais segmentados pelas diretrizes da Organização Mundial da Saúde, mas principalmente sob a jurisdição soberana dos estados-nação. As intervenções da OMS, por sua vez, tiveram que ocorrer no âmbito das soberanias nacionais, e essas soberanias somam preocupações com a saúde popular e o bem-estar econômico, entre outros fatores ordenados conforme as prioridades de cada gestão.

Embora o Brasil tenha feito parte da rede de pesquisa em Globalização para cidades do mundo todo (GaWC⁵³) de 2018 com a cidade de São Paulo como uma cidade beta+ em relação às outras, o drama da política de saúde em nível local e nacional demonstra sua presença na pandemia de Covid-19 em resoluções e mudanças de protocolos sanitários descoordenados de cidade para cidade, e uma contraposição, em nível nacional, à OMS.

Estabelecemos, com o que foi dito, uma primeira instância que é dialética e dinâmica, e que não pode faltar nas modelagens analíticas de pandemias, ou seja, o global *versus* o local.

Urbano vs. Rural

Outra dialética importante é a que reconhece o problema das cidades espalhadas do urbano até os locais rurais, passando pela periferização. Sendo a totalidade das cidades vitimadas por centralizações, propensas para a difusão do vírus, elas se povoam com bordas construídas e já classificadas com alto índice de vulnerabilidade à saúde dadas as iniquidades socioeconômicas. Os vírus das pandemias observadas acima sofrem com facilidade mutações na transmissão de animais-humanos e humanos-humanos (CONNOLLY; KEIL; ALI, 2021).

A periferização e o contato com o ambiente rural facilita mudanças genéticas do vírus pela infecção em novos animais e agregam mais um problema às baixas condições de moradia e higiene. Este problema não tem seu nascedouro neste século, mas agrava-se quando, em 2008, metade da população do mundo passou a viver em cidades (UNITED NATIONS, 2009) e a periferização começou a ocorrer. Três processos acompanham essa polaridade: mobilidade e

⁵² Referência a dois tratados de paz de 1648 que encerram um período de guerra de 30 anos entre duas cidades do Sacro Império Romano Germânico, cujo nome se adotou na lei do Sistema Moderno de Soberania Internacional. De acordo com ela, cada estado tem a soberania do seu território e nada poderá autorizar intervenções essenciais dentro de sua jurisdição doméstica. Ou seja, não importa o tamanho do estado, ele tem direitos iguais na Soberania do país.

⁵³ Criada pelo Departamento de Geografia da Universidade de Loughborough, trata-se de uma rede de relações externas das cidades do mundo. C.f.: <https://www.lboro.ac.uk/microsites/geography/gawc/group.html>

mudanças demográficas, mudanças infraestruturais (sanitárias) e de governança. Todos fazem derivar problemas no controle das pandemias, notadamente no Brasil, onde a mobilidade urbana coletiva é frequentemente sinônimo de ônibus lotados e as aglomerações nas estações de parada. Os sistemas viários tornam-se canais para distribuição dos vírus e de suas mutações.

Para as áreas rurais, a escassez de hospitais e unidades básicas resulta em prejuízos para o abastecimento dos centros urbanos, passíveis de uma retroalimentação da cadeia virótica, agora modificada.

Natureza vs. Sociedade

Uma vez que tratamos de doenças infecciosas, seja na forma de viroses, bactérias ou parasitas, estamos, por definição, tratando de um fenômeno biofísico. Entretanto, o espalhamento das doenças infecciosas só pode ocorrer se certas práticas sociais, condições e circunstâncias forem propensas localmente, como o HIV/AIDS dramaticamente revelou, assim como a tuberculose em áreas centrais de diversas cidades. Consequentemente, a dialética entre natureza e comportamento envolve a consideração de várias escalas de ação e impacto, do local/municipal ao regional, nacional, internacional e global - notando-se que cada escala destas têm vários aspectos biofísicos, sociais, políticos, culturais e econômicos associados.

Para a verificação destes polos contraditórios, foi observado um experimento que utiliza dados secundários. Contrastamos o resultado com outros resultados empíricos que se aproximam das abordagens do debate de contradições mencionados acima.

O problema, o objetivo e as hipóteses

O problema que motivou o desenvolvimento deste estudo de caso foi a pandemia de Covid-19 que apresentou um rápido espalhamento pelo contato social em todas as áreas que eram contaminadas. A partir do conteúdo do podcast “The Urbanization of Covid-19” (2020), onde foram entrevistados três proeminentes pesquisadores sobre pandemias focalizando as doenças infecciosas no espaço urbano e explicando por que os outbreaks do novo Coronavírus requerem um entendimento mais profundo das dinâmicas urbanas. Creighton Connolly⁵⁴, Harris Ali⁵⁵ e Roger Keil⁵⁶ apresentam um segundo problema ao afirmarem que há ausência de

⁵⁴ Senior Lecturer em “Development Studies and the Global South” na escola de Geografia da Universidade de Lincoln, Reino Unido.

⁵⁵ Professor de Sociologia, York University, em Toronto.

⁵⁶ Professor na Faculdade de Estudos Ambientais, York University, em Toronto.

arquitetos e urbanistas no estudo da saúde no espaço urbano como para propor soluções espaciais testáveis para a cena da cidade. Mantendo o olhar sistêmico da doença, fazem observar que o isolamento social e soluções para o fechamento das cidades em casos de surto poderiam ser investigados, dado que são duas medidas espaciais clássicas. Connolly observa que, em visita a Los Angeles, veio a conhecer os protocolos de saúde, proteção e resgate para áreas sabidamente expostas a tremores de terra, e afirma que talvez fosse interessante que arquitetos e urbanistas ajudassem na elaboração de estratégias para vizinhanças vulneráveis a fim de apoiar medidas de contenção urbana e socorro emergencial nos casos de pandemia.

Em vista dessas declarações dadas por Creighton Connolly, Harris Ali e Roger Keil no podcast “The Urbanization of Covid-19” (2020), a finalidade deste terceiro caso é testar um experimento (descrito na metodologia) para determinar áreas mais propensas ao contágio. Para este experimento, escolhemos o município de Belo Horizonte, em Minas Gerais. A partir disso, descrevemos soluções e as criticamos radicalmente.

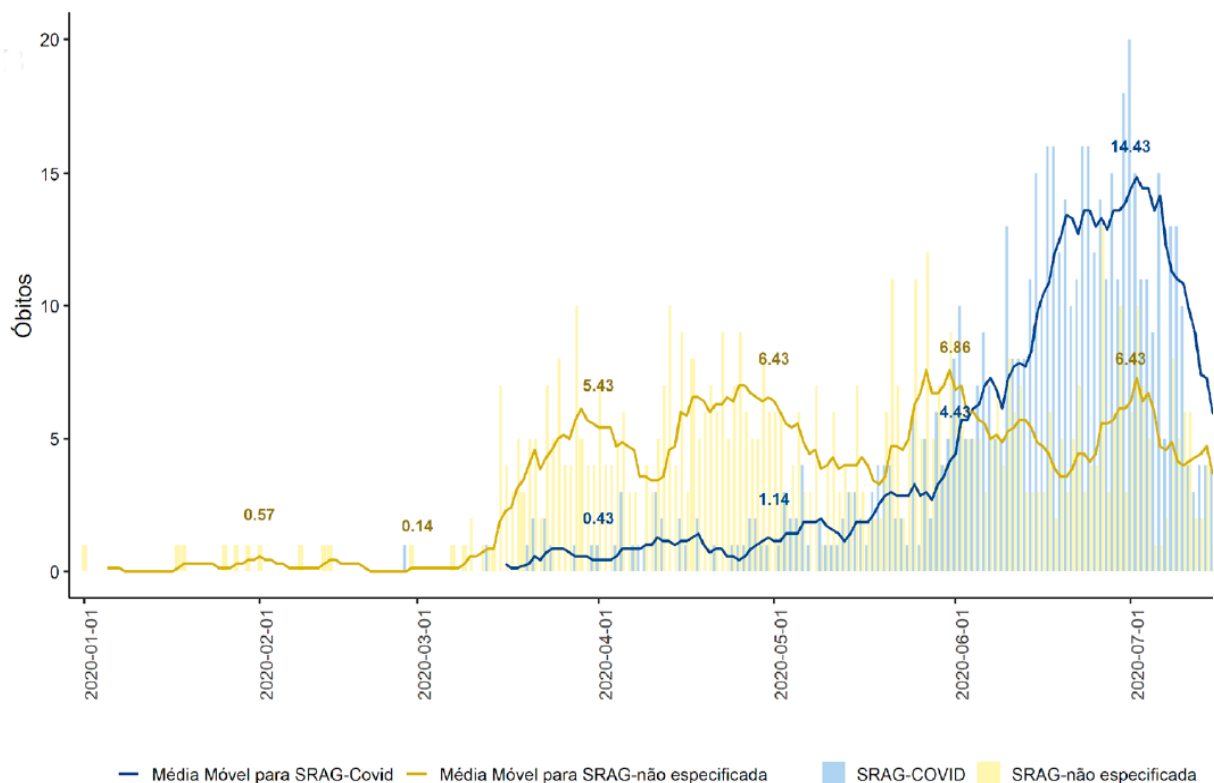
Para este experimento foram testadas algumas premissas que podem ajudar a elucidar o problema observado e a alcançar o objetivo anunciado:

- Dados secundários em Sistemas de Informação Geográfica relacionados à presença da população poderiam ser agregados por áreas censitárias de 2010, processados em decis, e sobrepostos de forma a proverem a indicação de áreas de maior presença humana. Esses dados seriam os clinográficos, viários, posteamento dos fornecedores de luz, e zoneamento. Eles permitirão a observação de áreas de potências de transmissibilidade, sendo úteis no projeto de barreiras para protocolos sanitários ou na introdução de centros de ajuda médica acessíveis.
- O uso de “Urban Network Analysis®” (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) permitiria observar quais centralidades (*reach, closeness, betweenness, gravity* e *Straightness*) poderiam relacionar-se com o oferecimento de tratamentos intensivos em hospitais, compartilhamento de equipamentos das Unidades Básicas de Saúde, locação de menores e mais ajustados Hospitais de Campanha, dentre outras relações em que as centralidades justificassem o uso intensivo dos recursos.

Vale ressaltar que, no Brasil, o primeiro caso de Covid-19 foi detectado em 25 de fevereiro de 2020. Em 31 de maio de 2020, havia 514.200 casos de Covid-19, e 29.314 mortes, notificados em 75,3% (4.196 de 5.570) dos municípios em todas as cinco regiões administrativas do país (DE SOUZA et al., 2020). O Vírus chegou a Belo Horizonte vindo dos Estados Unidos ou da Itália, segundo apontam os estudos genéticos. As determinantes sociais mostraram que, em geral, pessoas de nível socioeconômico mais alto têm uma saúde melhor do

que os indivíduos que moram em áreas vulneráveis. Assim, o Covid-19 não demorou a se disseminar nas áreas de maior densidade populacional e a alcançar as periferias, conforme Waleska Caiaffa (MARTINS; RODRIGUES, 2020). Na imagem abaixo (Figura 50, abaixo) é apresentada a média móvel dos óbitos com a Síndrome Respiratória Aguda (SRAG) desde o início da 1ª semana epidemiológica (SE) (29/12/2019) até o final da 25ª SE (20/06/2020) mostrando o agravamento da pandemia do Covid-19.

Figura 50: Evolução de óbitos em 29 semanas epidemiológicas para a cidade de Belo Horizonte.



Fonte: InfoCOVID-OSUBH 6 (DE SALLES et al., 18 August, 2020).

Aspectos metodológicos

Para a modelagem da pandemia de Covid-19, inicialmente tratamos de aspectos de significância histórica, do conjunto de pares de características contraditórias da pandemia. Para o viés urbano e municipal, argumentamos a escolha das características espaciais de uma cidade brasileira. Para estudar o contágio do Covid-19, as premissas propostas foram utilizadas na elaboração de um modelo, e propusemos alguns alinhaves de soluções espaciais. Juntando as soluções às premissas, fazemos então uma crítica radical ao produto gerado, enfatizando seus aspectos epistemológicos, para refletir sobre a totalidade que compreende a doença.

Aferimos se o modelo experimental erra ao reduzir a totalidade do fenômeno estudado, e incluímos alguns conceitos sobre eventos críticos, vislumbrando as perdas ocasionadas pelos

processos indutivos e pelo lastro conceitual acumulado historicamente, sua relação com o espaço-tempo e o dinamismo atual das cidades.

Para buscar alcançar os objetivos e falsear as premissas utilizamos o seguinte método:

- A sobreposição dos mapas clinográficos aos segmentos de via captura 3 pontos de altitude que resultam na declividade média de cada segmento de rua.
- A utilização da contagem de esquinas dos segmentos viários em cada setor censitário captura a conectividade absoluta.
- Como a companhia de fornecimento de Energia classifica seu posteamento em residenciais, comerciais e industriais, cada setor poderia conter decis sobre a distribuição destas funções, equivalendo o maior número à uma maior ocupação.
- Os dados de ocupação e uso de terra de Belo Horizonte guiarão a incerteza das distribuições alcançadas pelos setores censitários.
- A transformação das medidas em decis permitiria o resultado somado das unidades agregadoras num mapa de indiciamento de aglomerações humanas na cidade (ou índice de mobilidade ativa).
- A redução dos setores censitários a sua centróide permitiria a aplicação de Krigagem⁵⁷ Universal para a obtenção de uma predição vinda da interpolação dos dados de cada centróide.
- O mapa resultante refere-se igualmente ao mapa de mobilidade ativa da região metropolitana, sem a anulação daqueles setores que apresentam inseguranças para pedestres, em qualquer nível.

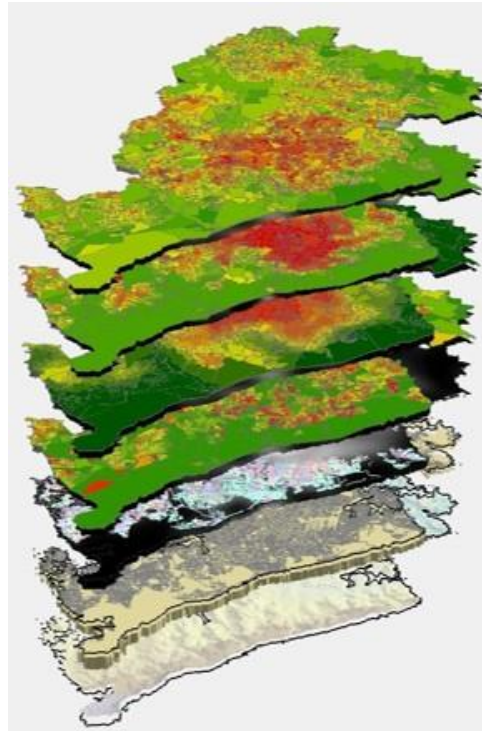
Na Figura 51 (p.111), é apresentada a sobreposição dos mapas elaborados com dados secundários. Foi utilizada a soma dos setores censitários, indicados por uma escala de 1 (menor) a 10 (maior). Algumas áreas sem dados comparecem com cores diferentes.

Na imagem seguinte (Figura 52, p.111) são apresentados os setores com densidades finais da população em espaços de maior mobilidade ativa que estão no topo do mapa; abaixo dele, entram: densidades residenciais, comerciais, densidades industriais, densidades de conectividade de sintaxe espacial, densidade de esquinas por setores, densidades de setores de acordo com média de segmentos de ruas, mapa clinográfico.

A seguir, a Figura 53 (p.112), sintetiza a conjunção das premissas com a indicação metodológica de análise espacial e estatística geoespacial.

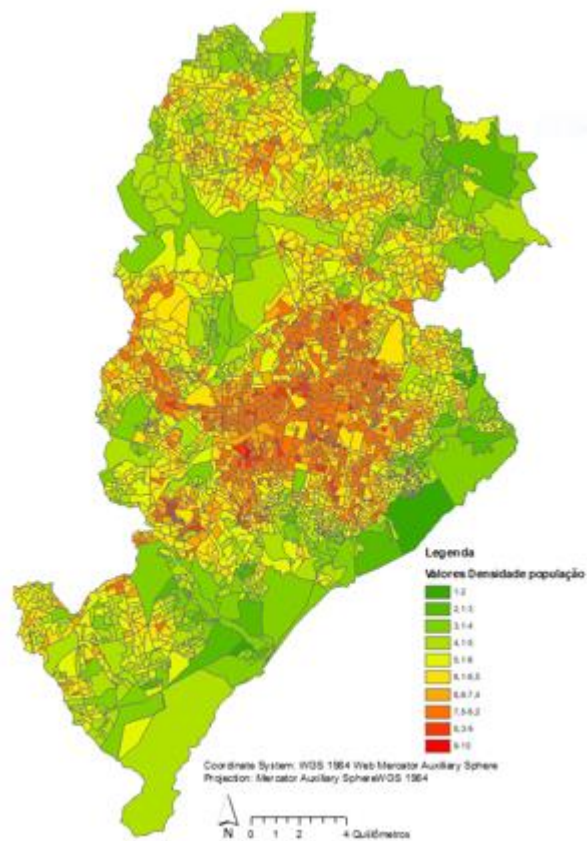
⁵⁷ Krigagem ou krigeagem é um método de regressão usado em geoestatística para aproximar ou interpolar dados. É também conhecido como “Processo Gaussiano de Regressão”.

Figura 51: Sobreposição de dados secundários.



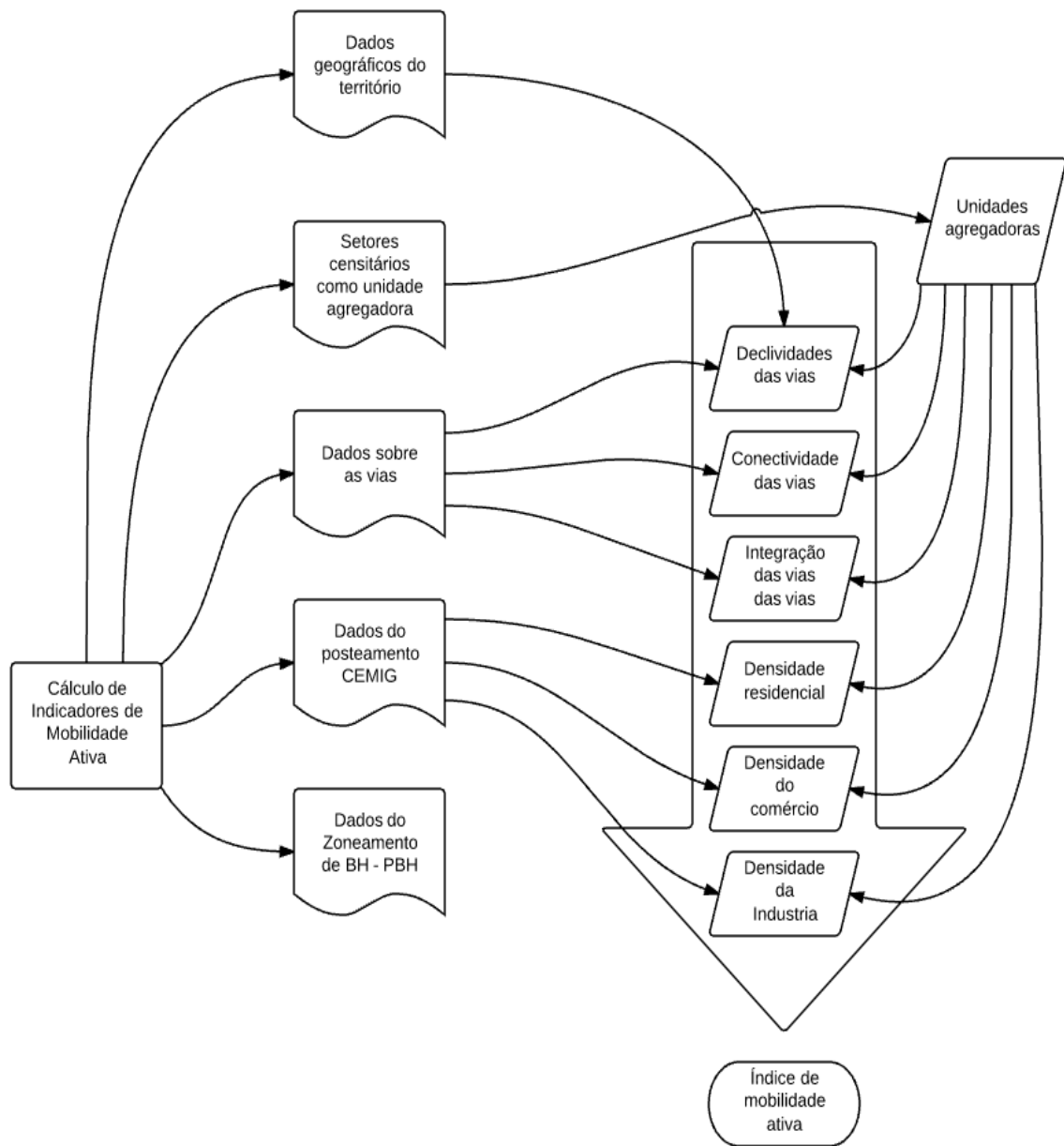
Fonte: Hoppe, Souza, Caiaffa (2021).

Figura 52: Índice de mobilidade ativa.



Fonte: Hoppe, Souza, Caiaffa (2021).

Figura 53: Esquematização do método.



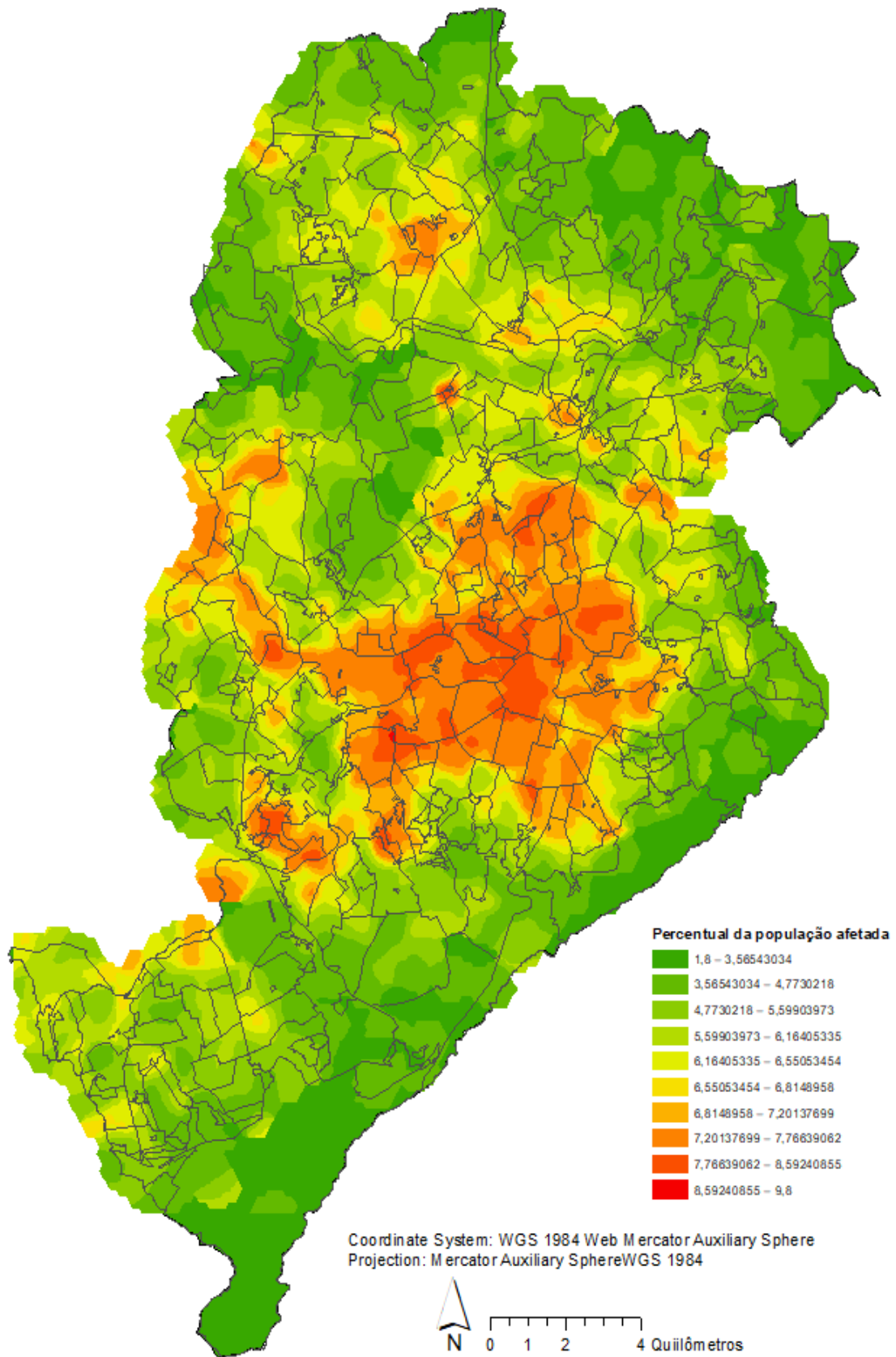
Fonte: Autor

No próximo item serão apresentadas as análises de resultado do estudo sobre a Modelagem de dados da covid-19 em Belo Horizonte.

Análise de resultado

Este tópico tem por objetivo apresentar as análises dos resultados do experimento proposto para prever o contágio da Covid-19, em Belo Horizonte - MG. O objetivo dos mapas é permitir a discussão sobre as premissas elaboradas. A seguir (Figura 54, p.113), é apresentado o resultado da krigagem universal elaborada com os centroides dos setores censitários.

Figura 54: Krigagem da mobilidade ativa.

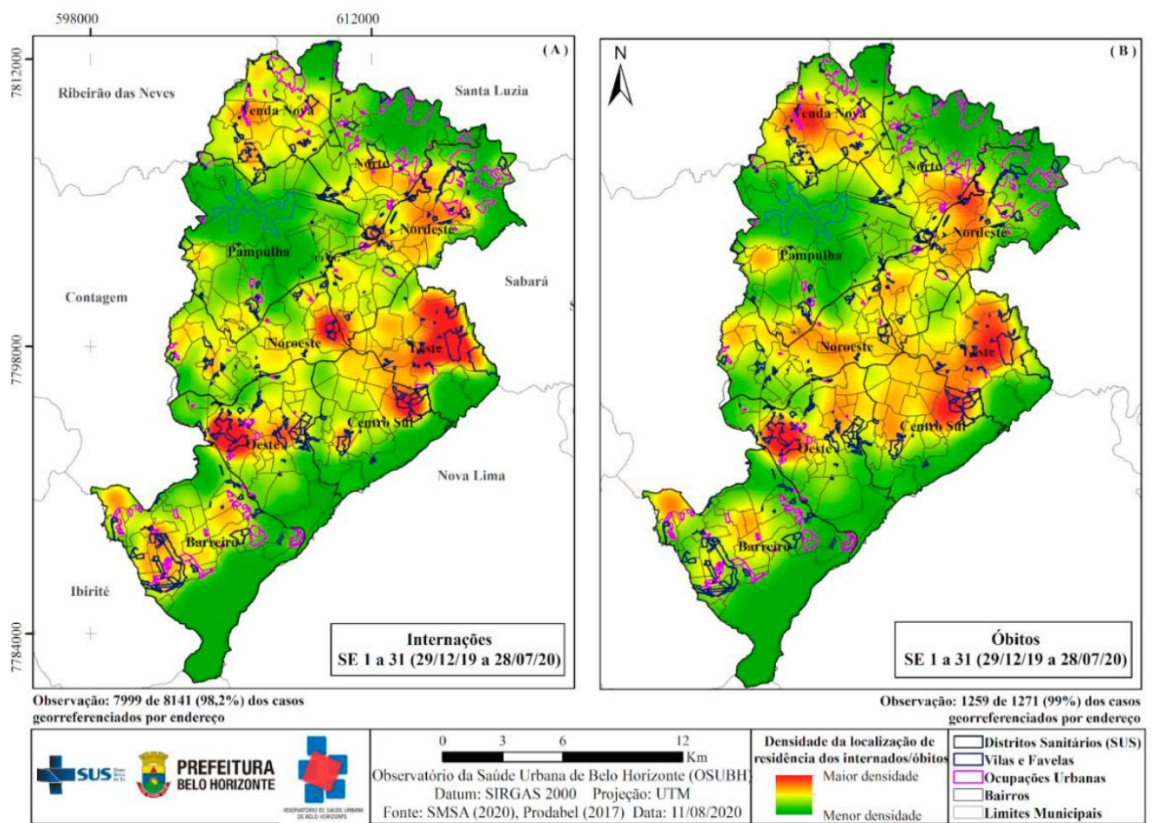


Fonte: Autor.

O resultado de krigagem buscou a diminuição de erros de predição. O mapa dos erros permite destacar que eles se referem às áreas de nenhuma preditibilidade, ou seja, áreas verdes. Esse detalhe permite concluir que as intensidades baixas reais coincidiram com a realidade. Entretanto, nos espectros preditos, os mapas reais mostram com maior nitidez núcleos que se interseccionam ou estão dentro da grande área predita para maior contágio. Mas os mapas reais mostram cachos e nucleações bem distintos de grande ocorrência de internações e óbitos.

Observa-se (Figura 55, abaixo) o resultado elaborado pelo INFOCOVID de 18 agosto de 2020, que apresenta as aglomerações de internações e óbitos para a região metropolitana de Belo Horizonte (DE SALLES, 2020). O mapa resultante foi escalado em 10 partes, do verde (menor), ao vermelho (maior). Os limites de bairros foram mantidos.

Figura 55: Comparação do resultado do experimento com Internações e óbitos da SE 1 a SE 31 (28/07/20).



Fonte: InfoCOVID-OSUBH 6 (DE SALLES et al., 18 August, 2020)

Nos bairros populares, de modo geral, ocorrências de internações parecem evoluir para o óbito. Somente as baixas incidências dos mapas reais (áreas amareladas e laranja) coincidem com as delimitações gerais da predição. O mapa de krigagem presta-se à predição de contágio simples, mas torna-se incomparável no caso estudado. O efeito de borda foi considerado na krigagem, mas manteve as características descritas e a incomparabilidade com as medidas empíricas do real.

Comentários

A primeira premissa, tal como se formulou, mostrou-se extremamente ambígua ao pensar estabelecer barreiras sanitárias físicas ou por lei, entre locais preditos, pois imputaria o outbreak para várias vizinhanças distintas e juntadas, e ocasionaria a segregação social de quase todos os núcleos econômicos e financeiros da cidade. O Brasil teve exemplos de tais barreiras no passado, justificadas pelo controle econômico/extrativista. A atual cidade de Tiradentes (Minas Gerais), por exemplo, possuía portas para o controle da saída de diamantes, que ficavam no lado oposto do Tijuco. A segregação a que referimos, entretanto, é a de ordem da cultura humana, que transforma a compreensão de medidas imperialistas, por exemplo, em algo como os bairros bantustões do grande *apartheid* na África do Sul. Como se disse, áreas de baixa probabilidade de infecção coincidem com locais com baixos índices de vulnerabilidade à saúde.

Consideramos que tais divisões da cidade, por leis ou barreiras físicas, teriam causas imprevisíveis na vida civil. Protocolos sanitários seriam confundidos com outros, políticos e econômicos, a centralização da governança extinguiria as áreas externas com seu descuido na sanitização e infraestrutura. A primeira premissa é refutada completamente neste estudo, e abre-se para a definição do fenômeno da pandemia como sindemia global, uma infecção compactuada com as condições de vulnerabilidade da saúde dadas pelo ambiente construído e o modo de vida (MANDERSON, 2012).

A segunda premissa parece trazer algumas possibilidades reais para a ajuda contra a pandemia, mas tem em seu desfavor, entretanto, a dinâmica da vida do município. A aferição das centralidades (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) pode determinar proximidades, vias de melhor acesso e intermediação, poder gravitacional de edifícios com serviços básicos, mas estaria atrelada ao escaneamento constante das edificações de toda a cidade. É sabido que esse processo acontece esporadicamente, e edificações de comunidades e favelas são apagadas do levantamento oficial. Além disso, a dinâmica construtiva leva ao hackeamento da cidade, com o aparecimento rápido de novas construções ilegais, sobretudo nas periferias (JALAL, 2018).

Essa segunda premissa parece ser menos falsa, desde que estes últimos problemas se resolvam e haja capacidade computacional para o cálculo do *Urban Network Analysis*® por equipe de expertises. Contudo, ela é discutida apenas para envidar próximas pesquisas. A imagem abaixo (Figura 56, p.116) indica um recorte urbano (tracejado branco) extremamente problemático num dos bairros de Belo Horizonte. O cálculo de centralidades por intermediação tomou o raio de 800 metros (*walking distance*) e auxiliou na identificação de três polos centrais para melhor localização das paradas de ônibus numa área hospitalar.

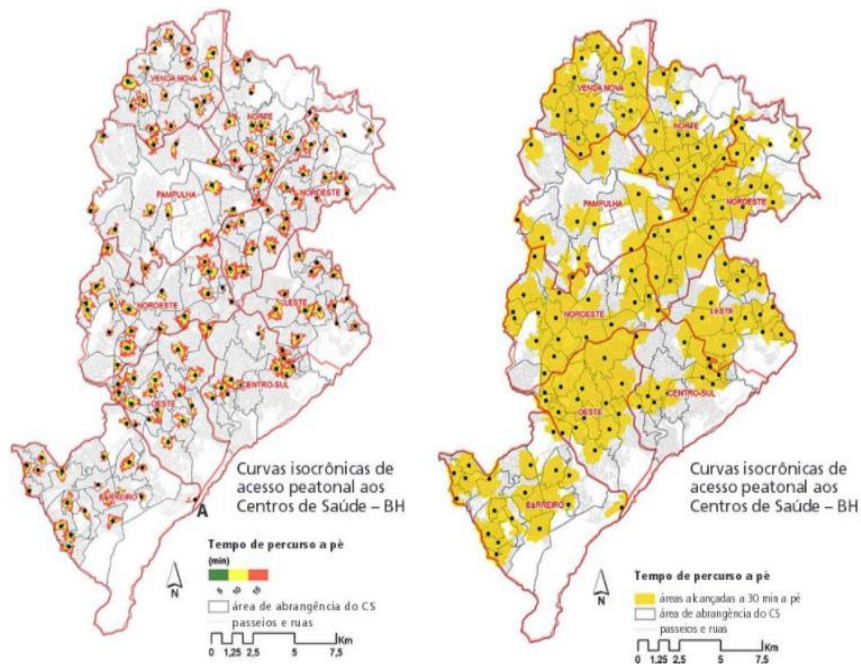
Figura 56: Centralidade por intermediação e localização das paradas de ônibus atuais.



Fonte: Autor.

A seguir (Figura 57), são indicadas áreas de acesso peatonal às Unidades de Saúde Básicas por tempo calculado sobre a malha urbana, incluindo diversos fatores, dentre eles, a declividade de segmentos de rua.

Figura 57: Análise de redes em direção às unidades básicas de saúde.



Fonte: Souza et al (2016).

A seguir é apresentada a discussão do estudo sobre a Modelagem de dados da pandemia do Covid-19 em Belo Horizonte.

Discussão

O estudo demonstrou não conseguir capturar preditivamente as áreas de espalhamento da infecção por COVID-19, mesmo aproximando-se dos mapas da trigésima primeira Semana Epidemiológica apenas na conferência dos erros menores do processo de krigagem. As soluções pensadas para a separação do território foram rebatidas pelo impacto social que poderiam causar, interferindo com preconceitos e embates sociais relacionados.

A segunda premissa pareceu menos refutável, que foi a de estabelecerem-se centralidades calculadas pelo *Urban Network Analysis*® (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) voltadas para o apoio médico-hospitalar, áreas para hospitais de campanha e Unidades de Saúde Básicas. As polaridades apresentadas, a saber Global vs. Local, Urbano vs. Rural, Natural vs. Social, sugerem valores escalares matricialmente relacionados para cada surto da Covid-19, e parece que a pesquisa sobre estes dados seja, a partir da gravidade desta pandemia, uma preocupação para garantir sua modelagem.

Conclui-se que uma pandemia é um evento distinto de saúde, com características próprias e de difícil compreensão, que tende a ser obscuro, enigmático, tais como o são os desastres naturais e outros fenômenos do universo. Esses fenômenos são nomeados como eventos críticos, ou “objetos complexos”, que não se reduzem à emergência de um novo patógeno no bioma terrestre, nem aos sinais e sintomas inicialmente desconhecidos de uma nova entidade mórbida batizada de Covid-19, nem a curvas epidêmicas e indicadores epidemiológicos, nem ao processo dinâmico de disseminação e contágio, nem à “infodemia”, nem ao pânico que tudo isso provoca, e às crises econômicas e políticas que dela decorrem.

Trata-se de uma totalidade singular, específica e peculiar que, no limite, implica todos esses fenômenos e processos, em sua plena complexidade, articulados a outros elementos de compreensão e análise, unificados por meio de uma integralização heurística, que não se reduzem a medições, mediações, descrições, efeitos, correlações e narrativas. No Brasil, condicionada pelas contradições de uma formação social periférica, desigual e diversa, a epidemiologia social vem sendo construída como subcampo de pesquisa e de prática, num registro autônomo, valorizando aspectos teóricos e políticos da Saúde.

Parece não haver fundamentação lógica nem epistemológica nos conceitos de “modelo” para designar exclusivamente dispositivos analíticos numéricos. Tal tentativa revela-se insuficiente para a apreensão da complexidade do fenômeno. Talvez uma modelagem heurística orientada por planos de ocorrência contraditórios e interfaces hierárquicas dê conta das matrizes de valores escaláveis entre as contradições que a pandemia impõe.

O Covid-19 representa rica oportunidade para realizar de modo efetivo a construção inter/transdisciplinar, incluindo Arquitetos e Urbanistas, para a geração de soluções integradoras e cuidadosas, ante os problemas complexos que emergem nos seus diversos planos e dimensões.

No que diz respeito aos processos concretos da realidade da saúde no Brasil, esforços criativos voltados à produção de modelos sintéticos dessa ordem dialética parecem ser pertinentes para a construção de objetos complexos transdisciplinares.

A seguir é apresentado o quarto estudo de caso desenvolvido nesta Tese, o qual foi utilizado para analisar as características de um espaço físico que possuem uma significativa área natural preservada (Lago Titicaca e as ilhas de Uros).

5.4. Nomadismo nas ilhas de Uros

Cenário e significância histórica

O caráter do nomadismo contemporâneo pode ser um capital simbólico do mundo organizacional (FREITAS, 2009), onde o significado subjetivo foi removido para dar lugar a três sentidos bem estáveis: a) o nomadismo já é uma necessidade sócio-organizacional; b) é a transformação ideológica dessa necessidade que legitima a mobilidade como um novo capital; e c) implica na circulação mundial de profissionais, por meio de processos de expatriação, realocização, fusões e aquisições de empresas, o que reforça a mobilidade como um valor desejável.

Para o nômade contemporâneo, o sentido da vida (EAGLETON, 2021) o colocou num lugar psicologicamente seguro, sem ter de confrontar as fantasiosas indeterminações que dariam ao seu viver um caráter instável. Eagleton (2021) comenta que toda contabilização vantajosa na busca de um estilo de vida rotineiro repudia a reflexão de que o sentido dela é a pergunta por ele mesmo. Ou seja: não haverá uma busca por sentido até que a resposta seja bem objetiva. Assim, o sentido da vida é terrível demais para que possamos aceitá-lo - pois pode ser que não haja uma resposta - o que explica as ilusões, segundo Nietzsche (2019), que necessitamos para continuar vivendo. “O que chamamos de ‘vida’ é apenas uma ficção necessária: sem uma boa dose de fantasia a realidade seria impalatável”, segundo Eagleton (2021, p.23).

O nomadismo traz as fantasias do indeterminado. Depois de expulsos do paraíso e tornados nômades (NORBERG-SCHULZ, 1971), fomos arremessados pelas fantasias na condição de andarilhos. Caminhamos, entretanto, no que Heidegger (2002) chamou de nossa quadratura ontológica: o destino humano é permanecer sobre a terra, acolher o céu, venerar os deuses, e seguir com os outros mortais.

A busca por ilhas míticas é uma das fantasias que aqui associamos a essa esfera fantástica. A ilha mítica flutuante de Brazil (ou *Hy-Brazil*) - que se registrou nos mapas europeus desde o século XIV, motivou navegações para encontrá-la e ao que ela oferecia: envolta numa bruma, flutuando em alguma parte do Oceano Atlântico, tinha “tudo de bom e de melhor” - frase que, segundo alguns autores (dentre eles PEREIRA, 2006), deriva da tradução da frase celta “*Bra-zil*”). Essa fantasia é ainda maior, pelo contraste contemporâneo ao se observar o país real a que se destinou o nome.

O recorte da pesquisa

As invasões territoriais de outros povos indígenas e as do velho mundo promoveram o movimento dos povos Uros para a superfície do lago Titicaca, para evitar o subjugo das antigas tribos locais (Incas, Aimarás, Quéchua, Aruaque, entre outras) e dos europeus. Antes mesmo das disputas de colonização do século XV, os Uros já travavam confrontos de território com grupos étnicos rivais. O mais belicoso talvez tenha sido com os Incas, devido à sua agressividade. Tais conflitos fizeram com que algumas famílias fugissem e se escondessem, construindo ilhas artificiais de juncos de totora (nome popular da planta *Scirpus californicus*) para habitar a superfície do lago Titicaca. Este tipo de nomadismo oferecia soluções para disputas territoriais e privacidade.

O Titicaca é um lago nos Andes com cerca de 8300 km² de área, sendo o maior lago da América do Sul em volume de água e o mais alto lago navegável para grandes embarcações, visto que sua superfície está a 3.821 metros acima do nível do mar. Na região hoje encontram-se cerca de 2600 indígenas de etnias diferentes que se estabeleceram nas bordas de rios e lagos e cerca de 1800 mil Uros, que sobrevivem por meio da pesca, da caça, da coleta de ovos de aves, da totora e, em alguns casos, do turismo (“GEO GPS PERÚ”, [s.d.]).

Estudar o sistema construtivo vernacular e vivenciar a cultura e os hábitos da população das ilhas dos Uros é campo de observação fecundo e ainda necessário, oferecendo novos registros sobre um tópico raro uma vez que essa população ainda mantém costumes e tradições singulares.

O problema, o objetivo e as hipóteses

O problema identificado e que motivou o desenvolvimento deste estudo de caso encontra-se no fato da tribo nômade Boliviana-Peruana (Uros) estar sofrendo interferências geradas pelo crescimento das cidades ao longo das margens do lago Titicaca, que aos poucos afetam seu modo de vida e geram perda da identidade da comunidade.

O objetivo relacionado a este quarto caso é apresentar os resultados de uma pesquisa exploratória sobre o nomadismo, estudando os Uros, e analisar as inferências iniciais obtidas por meio de dados tratados de modo a implementar um modelo inicial, com a parametrização e execução de soluções em modelos biofísicos nos domínios do meio ambiente para uma modelagem preditiva.

Para este experimento foram levantadas algumas questões que podem ajudar a elucidar o problema observado e a alcançar o objetivo anunciado:

- É possível identificar se há fatores sociais impactando os Uros?
- Há fatores bioquímicos afetando o modo de vida dos Uros?
- O modo de vida dos Uros (alimentação e construção) é sustentável?

População da ilha de Uros

As aldeias do povo Uro, construídas com a palha seca e raízes de totora, vegetal que cresce na região ao redor do lago Titicaca, é uma forma curiosa de agrupamento humano que chama a atenção por povoar a superfície do lago. Essa população constrói ilhas flutuantes com casas, guaritas, pequenos espaços urbanos e balsas, tudo feito com a totora, um material multifuncional utilizado para tudo, inclusive como alimento (Figura 58, abaixo, 59 e 60, p.121).

Figura 58: Embarcações.



Fonte: Autor.

Figura 59: Ilha flutuante de Uros e seus habitantes.



Fonte: Autor.

Figura 60: Raiz flutuante da totora.



Fonte: Autor.

Segundo Bautista (2005), o uso dos espaços do lago não tem objetivos ou rotinas rígidas. As famílias ficam onde se sentem bem e confortáveis, e quando algo as incomoda ou quando eles se cansam, elas simplesmente levantam as amarras e seguem com sua ilha para outra área do lago. O caráter transitório implica que os usuários do território tenham experiências diferentes dependendo da posição geográfica em que estão ancorados. A mudança de "lugar" é um exercício e um ritual de deslocamento.

Quanto aos gestos, os nativos são gentis e esquivos, falam com tom de voz baixa, em sinal de respeito e demonstram alegria em receber os visitantes. As mulheres utilizam roupas coloridas, mas são discretas e pouco se expõem. Elas também produzem e vendem objetos de artesanato para gerar renda para as famílias às quais pertencem, e toda ilha possui um chefe, uma espécie de líder que é autoridade local (Figura 61, abaixo).

Figura 61: Exposição dos artesanatos e foto do " senhor" Unay, líder local.



Fonte: Autor.

As famílias Uros, especialmente as que não atuam no turismo, praticam o *trueque*, tipo de comércio informal que promove a troca de objetos e alimentos entre a comunidade. Dessa forma trocam seu excedente, em geral pescados, caças e ovos, por outros produtos de seu interesse.

Genética

Segundo Kent (2011), a existência dos Uros na região do lago Titicaca se verifica desde a era pré-colombiana e sua relação com o Lago Titicaca sempre foi especial. Os primeiros Uros possuíam uma existência híbrida entre os espaços aquáticos e a terra firme, mas em decorrência das sucessivas invasões de grupos rivais, como os Incas, para não serem escravizados, esses indígenas se embrenharam em meio a vegetação de totora no interior do Titicaca, escondendo-se em balsas e plataformas artificiais. Assim, uma proporção cada vez maior ficou confinada a uma vida nas ilhas flutuantes no meio dos campos de junco, sem acesso a terras próprias. A estratificação social existente entre os grupos que disputavam aquele espaço era marcante, e os Uros eram uma população de status inferior, e por isso eram subjugados e pagavam tributos à administração do império inca.

A princípio, os Uros falavam seu próprio idioma, o uruquilla, mas por terem assimilado a cultura dos Aimarás, pelos quais foram dominados por longo período, perderam sua língua própria e atualmente falam aimará e espanhol. O último indivíduo que falava uruquilla, a língua original dos Uros, teria morrido nos anos 1950.

Nas últimas décadas, devido à variedade de grupos étnicos locais, às disputas territoriais e à extinção do idioma uruquilla, questiona-se se o povo Uros do passado ainda existia ou se terá sido substituído gradativamente pelo povo Aimará, o qual poderia ter assumido os costumes dos antigos Uros.

Para elucidar essa questão, foram realizados estudos sobre a população local. Sandoval (2013) realizou uma pesquisa sobre a história e a genética das populações pré-colombianas autóctones do Altiplano, principalmente no grupo étnico Uros, utilizando análises filogeográficas, de estrutura populacional e genéticas espaciais do cromossomo Y e dados de mtDNA.

Em suas pesquisas, foram avaliadas as relações genéticas entre as populações de Uros (Los Uros do Peru, Uru-Chipaya e Uru-Poopo da Bolívia) e foram comparados seus perfis de haplótipos com oito Aimará, nove populações de língua Quechua e duas Arawak (Machiguenga e Yanasha) do Peru e da Bolívia. O autor conclui que:

As evidências genéticas obtidas (...) mostraram que os Uros da Baía de Puno no Peru e as comunidades Uros Bolivianas de Uru-Chipaya e Uru-Poopo são grupos heterogêneos, com linhagens genéticas derivadas de ancestrais divergentes quando comparadas com a maioria das populações andinas atuais. Nossos resultados também indicam mais fluxo gênico com os andinos vizinhos (aimará e quíchua) do que com as comunidades andinas mais distantes ou populações de língua arawakana. Além disso, os resultados sugerem que os Uros podem ser derivados de estoques ancestrais andinos que foram misturados e parcialmente substituídos por linhagens que chegaram com populações em expansão devido a uma expansão agrícola mais recente e o subsequente estabelecimento de civilizações complexas nos Andes. (SANDOVAL, 2013, p.10)

Do ponto genealógico, os Uros do Peru e da Bolívia são geneticamente diferenciados entre si, mas são descendentes daqueles que provavelmente foram os primeiros habitantes do altiplano andino e foram parcialmente substituídos durante eventos de expansão e estabelecimento de civilizações nos Andes.

Essa conclusão ajuda a combater a suspeita de que os povos Uros atuais seriam descendentes dos Aimará que fingiam ser Uros para atrair turistas. Assim conclui-se que a assimilação do idioma Aimará ocorreu por um domínio cultural e não por extinção dos Uros (GUIMARÃES, [s.d.]).

Aspectos metodológicos

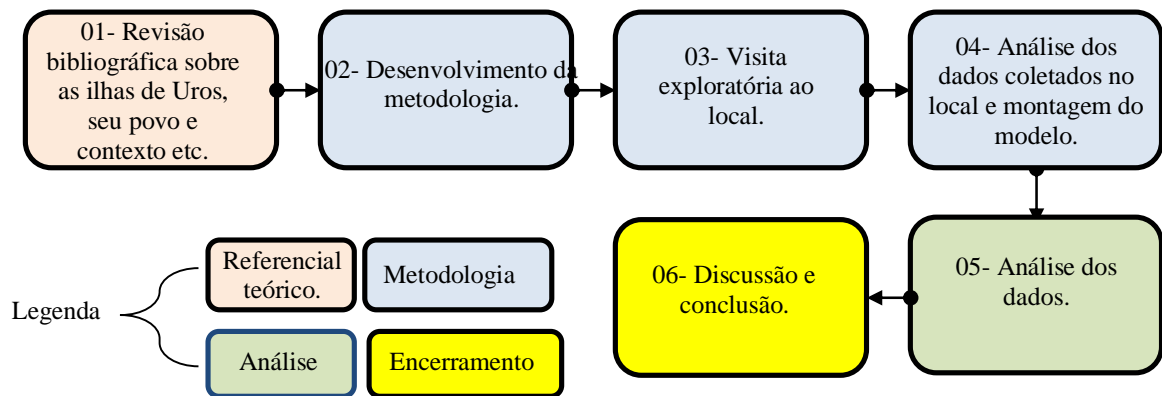
Para construção deste quarto estudo de caso foram realizadas revisões bibliográficas seguidas por uma pesquisa exploratória na região do lago Titicaca, entre o Peru e a Bolívia, com foco em uma tribo local (Uros) analisando as inferências iniciais obtidas face aos requisitos para uma modelagem preditiva. Realizou-se uma visita de estudo à região, com duração de quinze dias, no mês de janeiro (verão), mas a permanência nas ilhas de Uros foi de 3 dias, entre os dias 07 e 10 de janeiro de 2016.

Durante a permanência nas ilhas, houve uma aproximação com uma família local, quando foram transmitidos conhecimento sobre o modo de vida local, o trabalho com a Totora (colheita, secagem e entrelaçamento), pesca, caça, hábitos, necessidades e a cultura do Uros. Após o fim da visita, foram realizadas novas pesquisas bibliográficas baseadas na experimentação vivida.

Em seguida, foram realizadas discussões sobre as formações sociais e as técnicas construtivas, acerca de registros históricos e do estado atual das condições do povoamento do povo indígena das tribos de Uros. Na sequência, problematiza-se a atitude nômade contemporânea nos detalhes e inferências coletados, e os dados são tratados de modo a implementar um modelo inicial, com parametrização e execução de soluções em modelos biofísicos nos domínios do meio ambiente.

Foram usados dados primários, por meio da visita ao local, e dados secundários de outros autores para a Krigagem dos dados dos mapas. Destacamos a utilização de estudos, principalmente mapas, elaborados pela Autoridade Autônoma Binacional do Sistema Hídrico do Lago Titicaca, Rio Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa, que doravante também pode ser denominada ALT. Criada em 1996 por um acordo binacional entre os governos da Bolívia e do Peru, a ALT é uma entidade de direito internacional público com plena autonomia de decisão e gestão nos campos técnico, administrativo-econômico e financeiro, funcionalmente dependente dos Ministérios das Relações Exteriores do Peru e da Bolívia (“¿Qué es la ALT?”, [s.d.]), material utilizado na criação de parte do modelo.

Algumas inferências são feitas ao final, a título de conclusão, ressaltando-se as principais dificuldades, desafios e vantagens no cuidado ambiental com biomas de equilíbrio histórico delicado e com o apoio da computação ambiental no seu estudo modelar. O resumo da sequência das etapas realizadas na construção da pesquisa é apresentado a seguir (Figura 62, p.125).

Figura 62: Resumo da sequência de desenvolvimento e aplicação da pesquisa do estudo de caso 04.

Fonte: Autor.

No próximo item serão apresentadas as análises de resultado do estudo sobre Nomadismo.

Análise de resultados

Este tópico tem por objetivo apresentar as análises dos resultados de uma pesquisa exploratória sobre o nomadismo – na forma de um relato de experiência –, estudando uma tribo Boliviana-Peruana (Uros) e analisando as inferências iniciais obtidas face aos requisitos de uma modelagem preditiva.

Após um percurso de uma hora, feito em um barco motorizado, entre a cidade de Copacabana, na Bolívia, e as ilhas de Uros, avistou-se no horizonte as primeiras habitações. Dezenas de ilhas flutuantes compunham o cenário, com o lago Titicaca e as cordilheiras dos Andes ao fundo.

Antes de desembarcar, os homens foram orientados a não olharem diretamente nos olhos das mulheres locais, para evitar qualquer tipo de envolvimento sentimental. Ao desembarcar, os visitantes foram recebidos pelo chefe daquela ilha, chamado "senhor" Unay, pai da família que ali vivia, com 18 membros, e indivíduo com maior autoridade local. A ilha possuía aproximadamente 50 metros de largura e 30 metros de comprimento e tudo era feito de totora.

Os habitantes mais velhos da ilha falavam apenas o idioma Aymará, mas as crianças e jovens falavam também o espanhol, pois frequentam escolas do governo. Para as crianças mais novas, havia uma escola em uma das ilhas; já os adolescentes estudavam nas cidades à margem do Titicaca.

Após um período de ambientação, os visitantes foram orientados a sentar no pátio central, em um grande banco feito de totora, para ouvir histórias e compreender o cotidiano das

famílias que ali residiam. O "senhor" Unay explicava (em idioma Aymarâ), com ajuda de um tradutor, os hábitos, a rotina e a alimentação dos habitantes da ilha e descrevia, com riqueza de detalhes, todo o sistema construtivo local. Usando uma “maquete natural”, demonstrava como eram construídas as plataformas das ilhas, as casas, as embarcações, e como era produzido o artesanato.

Na cultura dos Uros, uma família é constituída não apenas por ligação de sangue, mas também por laços fraternais de amizades. As casas são construídas ao redor do pátio central, ficando uma casa com a porta de frente para outra. Quando há algum desentendimento entre os moradores eles viram as casas de costas uma para a outra. Se o desentendimento for grave e o chefe da ilha não conseguir resolver, eles literalmente cortam a ilha, expulsando os habitantes em conflito, e assim novas ilhas são formadas. O "senhor" Unay contou, então, como iniciou sua ilha: "Após conhecer minha esposa, fui morar na ilha de sua família, mas o pai dela era muito bravo e não gostava muito de mim. Uma noite fui dormir e quando acordei pela manhã minha casa estava à deriva no lago pois meu o sogro havia cortado a ilha durante a noite".

A poluição do lago Titicaca era o problema que atualmente mais afligia a comunidade de Uros pois, segundo o "senhor" Unay, a quantidade de peixes diminuiu consideravelmente nas últimas duas décadas, e os peixes pescados, além de mais escassos, estavam menores e mais magros. Com menor disponibilidade de peixes, outros animais da região, como as aves e preás também estavam sendo afetados e, aos poucos, se observava a redução dessas populações. Doenças gastrointestinais vinham se tornado mais comuns, e pedaços de peças metálicas e, principalmente, de plásticos vinham sendo frequentemente encontrados boiando em volta das ilhas, sendo que os próprios Uros, quando possível, faziam a limpeza desses rejeitos.

O "senhor" Unay culpava o crescimento das cidades em volta do lago pela poluição das águas e sua percepção mostrou-se de acordo com os dados de estudos que analisam a qualidade das águas do lago Titicaca. O trabalho realizado por Hallasi (2018), por exemplo, aponta que, de acordo com os parâmetros microbiológicos, a qualidade da água das ilhas flutuantes dos Uros não é adequado para consumo humano, pois possui índice de coliformes fecais e de micropartículas contaminantes maior do que o recomendado para saúde humana. Vale ressaltar que o mesmo estudo determinou que, em alguns parâmetros, há uma diferença estatística significativa, de acordo com o ponto de amostragem e os meses de coleta das amostras. O mês que apresentou pior resultado foi o mês de julho, justamente o mês com maior índice de turismo na região.

Após a reunião, os visitantes foram hospedados nas casas. Durante três dias, o grupo participou das rotinas locais, como pesca, cantos, entrelaçamento da palha da totora, e as

mulheres presentes se vestiram com as mesmas roupas das mulheres locais. Na ilha, dorme-se cedo e acorda-se com o nascer do sol. Durante a noite, devido a altitude e a baixa poluição atmosférica local, é possível observar as estrelas e o universo com uma nitidez rara e admirável.

A pesca, a caça de preá, a caça de pássaros, principalmente de patos e de seus ovos, e a totora são os principais meios de alimentação dos habitantes das ilhas (Figura 63, abaixo). Quanto à pesca, os peixes são principalmente de quatro espécies: o suche, o pejerrey, a truta e o bagre. Os preás são normalmente capturados nas margens do lago e os patos e seus ovos, são normalmente capturados em seus ninhos. As espécies de patos mais comuns na alimentação dos Uros são o *Anas puna* (pato puna) e o *Oxyura jamaicensis* (pato pana), mas há inúmeras espécies de aves na região, como o *Fúlica ardesiaca* (choka), *Gallinula chloropus* (tiquicho), a *Rollandia microptera* (queñola), entre outros.

Figura 63: Peixes capturados no lago (esquerda), ovos de patos (centro) e totora descascada (direita).



Fonte: Autor.

Quanto à totora, parte da sua raiz é usada como alimento pois é uma excelente fonte de iodo e açúcar. A totora pode ser comida crua, mas também é usada para fazer chá que alivia dores e cura ressecadas. Para comê-la crua, basta remover a casca e fazer uso de uma substância branca e fibrosa com gosto suave, quase imperceptível. Os caules secos também são utilizados como lenha.

A totora é uma gramínea com hastes flexíveis, resistentes, e que pode alcançar três metros de comprimento. É um recurso natural renovável com múltiplas funções e que cresce em abundância nas áreas rasas do Lago Titicaca. Utilizada na construção da plataforma das ilhas, das embarcações e das próprias casas, a fibra do Junco de totora se deteriora com o tempo devido a umidade e, por isso, a cada seis meses ela precisa ser substituída por uma nova fibra, fazendo com que a arquitetura das casas e das próprias ilhas esteja em permanente mudança, de tal forma que, após seis meses, não é possível encontrar a mesma ilha (BAUTISTA, 2005).

O processo de construção da Ilha inicia-se pela colheita do Junco de totora. Após atingir maturidade a totora é colhida por um grande grupo de pessoas, que corta as plantas abaixo do

nível do terreno, dentro da lama, com cerca de um metro de profundidade, para poder utilizar os blocos das raízes entrelaçadas como base flutuante da plataforma da ilha e depois são transportadas em suas embarcações.

Tradicionalmente, os Uros usavam um pedaço grande de madeira afiada para cortar blocos de junco, mas hoje em dia eles têm serras metálicas grandes e resistentes. Esse processo é complexo e exige grande esforço físico dos habitantes. Após coletadas, as plantas são levadas para a ilha e lá suas partes são separadas e preparadas de acordo com a função que lhe será dada.

A base da planta, próxima a raiz, é destinada à alimentação, e o restante é colocado em processo de secagem em uma área aberta dentro da própria ilha. Após seca, a palha da planta pode ser entrelaçada e utilizada na construção das casas, no artesanato ou como cobertura do piso da ilha, sobre as raízes, para proporcionar maior conforto à superfície.

Após o posicionamento dos blocos, inicia-se o processo de unir todas as partes. Uma camada de totora é colocada nos blocos e, em seguida, outra camada é adicionada no topo, na direção oposta, para que haja uma ligação cruzada de camadas. São essas camadas interligadas com os blocos das raízes que dão às ilhas sua estabilidade, sua capacidade de flutuar e as tornam capazes de sustentar comunidades de até 30 pessoas (Figura 64, abaixo). Para ancorar a ilha, o mais comum é a utilização de troncos de eucalipto e quando desejado os troncos podem ser soltos para que a ilha possa se movimentar pelo Titicaca.

Figura 64: Plataforma da ilha.



Fonte: Autor.

Após a construção da plataforma da ilha os habitantes começam a construção de suas casas. Para ajudar a eliminar a umidade interna das edificações, é preparada uma base de totora seca, acima do nível da ilha, com cerca de setenta centímetros de altura, que serve de apoio para as paredes das residências. As casas são construídas com os mesmos materiais que as ilhas, mas

para manter sua integridade estrutural a casa recebe uma moldura de madeira (Figura 65, abaixo). Uma vez que o quadro estrutural de madeira é construído, as pessoas preenchem os espaços entre as peças com uma alfombrara de totora que garante a vedação das paredes e da cobertura. Normalmente, as casas possuem apenas um único cômodo, sem qualquer tipo de divisão interna, e algumas habitações possuem painéis solares para gerar energia elétrica, que foram colocados nas ilhas com incentivo do governo Peruano.

Figura 65: Elevação da base da edificação e estrutura de madeira interna.



Fonte: Autor.

A cozinha e o banheiro são comunitários e possuem a mesma estética das casas. A cozinha é pequena e sua base é feita de uma rocha plana. Qualquer fogo deve ser rigidamente controlado para que as faíscas não causem incêndio na ilha. Os banheiros não possuem rede de esgoto e nem bacia sanitária, os dejetos são lançados diretamente no lago através de um buraco no piso.

Figura 66: Praça central.



Fonte: Autor.

Cada ilha possui suas próprias características de tamanho, forma, números de casas e número de habitantes. A área central funciona como uma espécie de praça, onde as interações sociais acontecem (Figura 66, p.129). A fachada frontal das casas normalmente está voltada para o "pátio central" da ilha. No geral as ilhas possuem uma guarita elevada de segurança para que o vigia consiga avistar, com antecedência, qualquer embarcação que se aproxime.

Para facilitar a pesca, é feito um corte retangular na estrutura no centro das ilhas, pois os peixes gostam de ficar embaixo da ilha comendo as partes das raízes de totora, insetos e até mesmo restos de comida e rejeitos das famílias.

Na área central da ilha existe uma estrutura circular, feita de totora, utilizada como banco para encontros e reuniões dos grupos. A forma circular faz com que todos os ali presentes tenham facilidade em se olhar e se comunicar. A área de secagem da totora, alocada atrás das casas, ocupa um grande espaço na ilha devido ao uso constante do material para manutenção e alimentação.

As jangadas, usadas como meio de transporte aquático, são utilizadas diariamente para transportar pessoas, alimentos, e a colheita da totora. As embarcações são feitas com palha de totora trançada e reforçada estruturalmente com peças de madeira (Figura 67, abaixo). A totora é responsável pela vedação, flutuabilidade e estética das embarcações. A beleza e singularidade das jangadas mostra o capricho e domínio sobre o sistema construtivo.

Figura 67: Detalhe das embarcações locais.



Fonte: Autor.

Segundo o "senhor" Unay o domínio sobre as técnicas de navegação sobre o lago Titicaca foi fator determinante para a preservação da comunidade e da cultura dos Uros, pois nenhuma outra tribo conseguia perseguir-los e enfrentá-los sobre as águas.

A modelagem da região do Titicaca

Nos estudos de Informação georreferenciada, o termo modelagem é usado em vários contextos (MAGUIRE; BATTY; GOODCHILD, 2005), e será de interesse esclarecer como ele foi empregado especificamente nesta pesquisa.

A modelagem da região levou em conta dois tipos: um modelo de dados, que é definido como um cenário coletado em tabelas de dados; e um modelo, sem qualificações, dos dados, que é a representação de um ou mais processos que ocorrem no mundo real, mas que são deduzidos hipoteticamente para serem testados (visualizadores de dados na forma de gráficos e modelos 3D).

A modelagem utilizada prezou o provimento de indicadores para predição de efeitos, relações sutis entre fenômenos e vulnerabilidades, podendo prever erosão do solo, poluição, cenários dados pela governança e uma série de outros aspectos relevantes.

A modelagem é baseada em unidades conceituais discretas codificadas em componentes de software livremente extensíveis, ferramentas que aqui se usaram no *software* Arcmap ARCGIS. Uma análise no esquema do software permitiu observar que o objetivo de sua estrutura é fazer, rapidamente, a ponte de protótipos para aplicativos operacionais, permitindo a execução e a comparação de diferentes soluções de modelagem. Sendo assim, desenvolveu-se um *framework* baseado em componentes independentes, tanto para as soluções de modelagem quanto para as interfaces gráficas. O objetivo não seria apenas fornecer uma estrutura para o desenvolvimento do modelo e seu uso operacional, mas também prover uma coleção espalhada de objetos reutilizáveis, tanto autônomos quanto em diferentes estruturas, todas retiradas, no caso, da base de dados secundários.

Os mapas iniciais continham dados que foram juntados para iniciar a modelagem do lago. Algumas informações não eram visíveis, como a miríade de bacias hidrográficas que abastece o lago, com o volume de água médio especificado (evitando a baixa qualidade gráfica).

Ao final, o modelo contém também as comunidades urbanas e vilarejos, permitindo observar a ocupação lindeira e as ilhas fixas. Um algoritmo pode prover a visão das ilhas móveis, considerando a vetorização das bacias hidrográficas que desaguam no lago. Pode-se prever também a dificuldade ou facilidade de renovação da água do lago, considerando as

formas urbanas que o começam a contornar as áreas lindeiras do lago, e compreendendo situações dinâmicas como as aluviões ao noroeste - que afunilam a saída de água de todo sistema - e as águas vindas do gelo das montanhas, nas microbacias.

O conjunto de gráficos para o modelo Entidade-Relacionamento

Cada estágio (1, 2, 3, 4, 5) contém um conjunto de entidades que podem ser relacionados com outras entidades de outros mapas. Essas entidades associativas são representadas pelas setas de um ao outro mapa. A definição de entidade, por exemplo, a localização de povoados nativos (2), é entendida como “algo que é física ou virtualmente identificável unicamente por intermédio de suas características (de seus atributos)” (DE SORDI, 2019). Pela análise da definição de entidade, pode-se inferir que seus atributos são uma ou várias características ou propriedade da entidade (Modelo de Entidade de Relacionamentos - MER). No caso, a entidade Povos Nativos pode ser descrita pelos atributos da demografia, sexo, dados econômicos, produção de bens, posições no bioma, acesso às bacias hidrográficas, facilidade de movimento no território (topografia), história, organização social, dentre outros.

Na análise dos atributos, observa-se que ocorre a decomposição na sua análise (no caso dos “atributos fortes” da Entidade Nativos) ou sua generalização considerando a etnia dos agrupamentos. Quando latitude e longitude marcam a posição de um povoado nativo sobre um trecho do bioma, podemos encontrar um atributo capaz de descrever todo o grupo correlacionado.

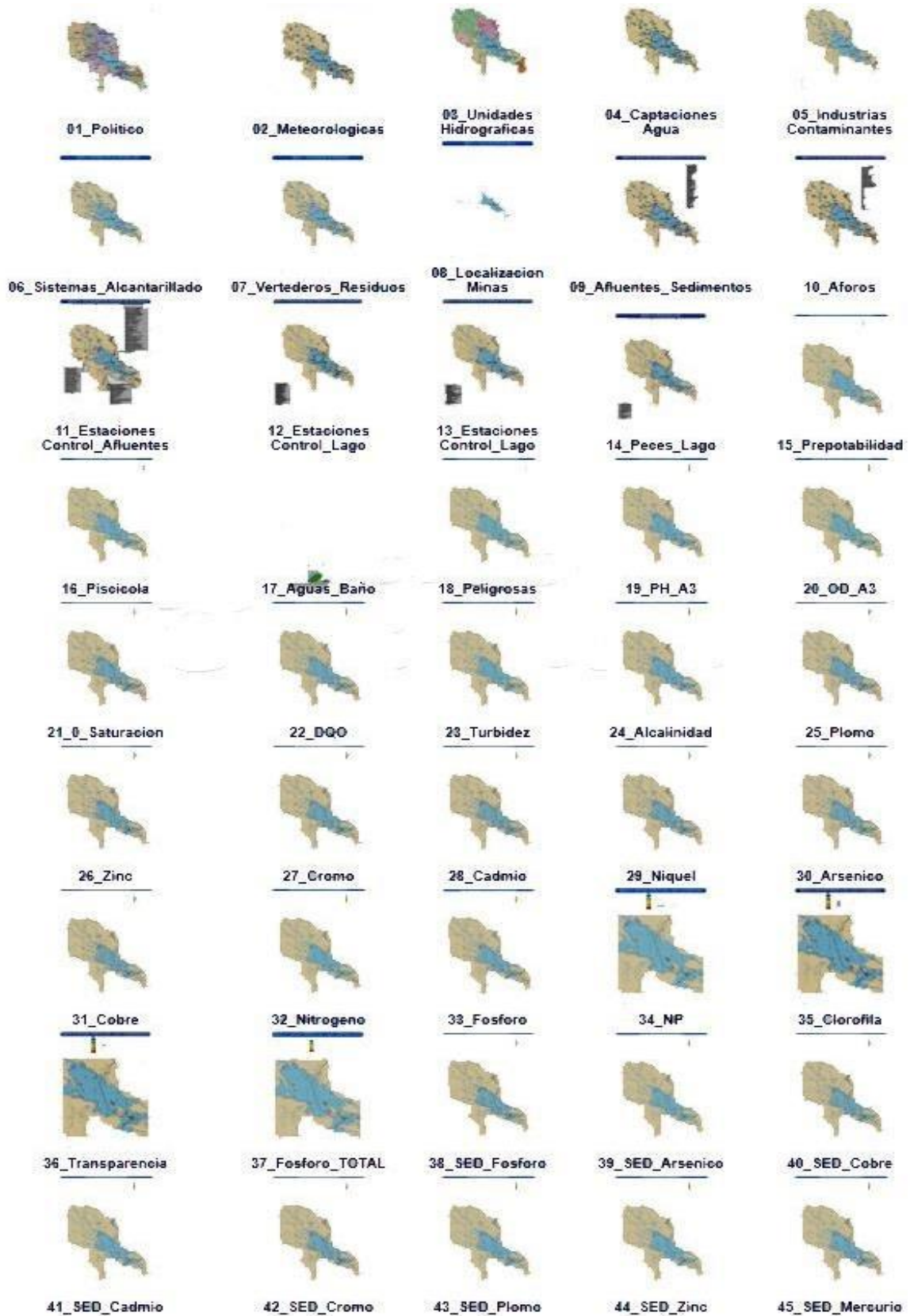
Um atributo muito comum em fichas descritivas, ou meta-atributos, é o campo alias ou pseudônimo, que permite a inclusão de termos sinônimos permitindo o *insight* de novos modelos. Há outros aspectos relacionados aos atributos no estudo de confecção de modelos, que restarão apenas sugeridos para trabalhos futuros.

Os tipos de relações dominantes na modelagem do Titicaca são chamados de “muitos para muitos”, ou seja, uma instância de uma entidade pode apresentar diversas instâncias de relacionamento com outra entidade e vice-versa.

Um conjunto de dados resultantes de uma modelagem, resumidos na figura 68 (p.133), e na figura 69 (p.134), podem ser encontrados no Anexo B (p. 162) e no site GIS TITICACA (“G.I.S. ‘Lago Titicaca’”, [s.d.]).

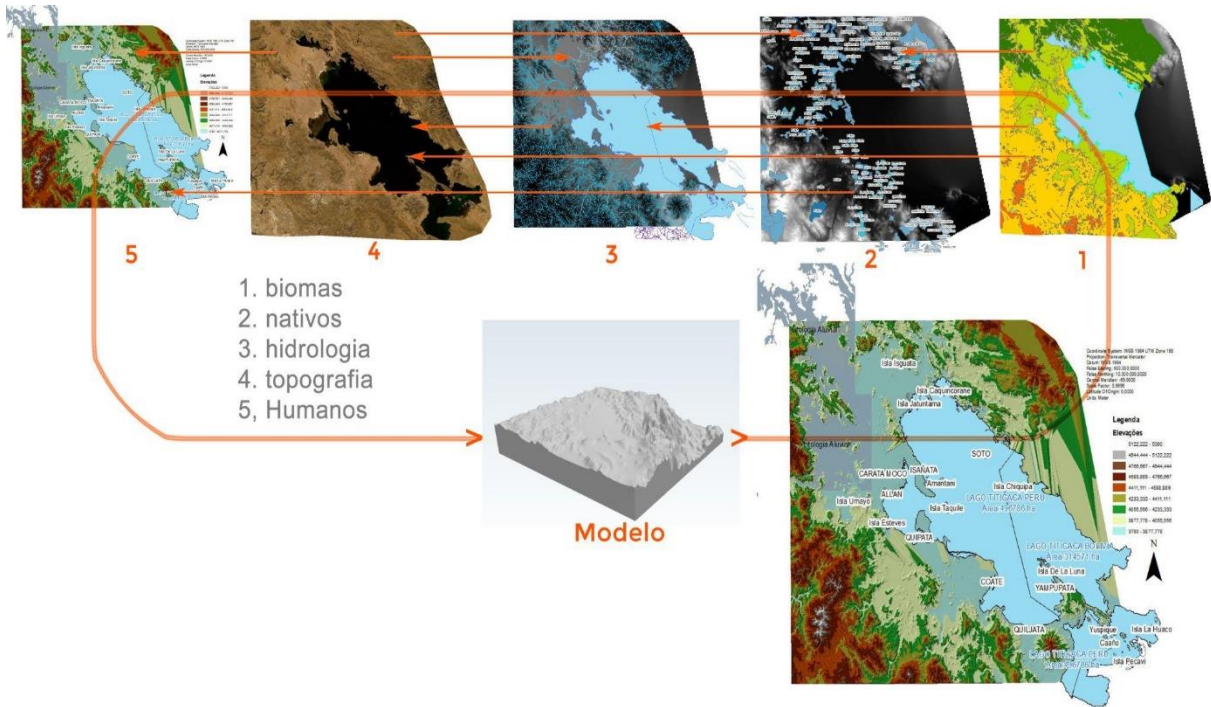
A modelagem topográfica do lago Titicaca e do seu entorno (Figura 70, p.134) teve, propositalmente, os eixos verticais e horizontais distorcidos para tornar melhor a visualização da altimetria devido a escala da imagem.

Figura 68: *Thumbnails* em GIS - Resumo dos mapas disponíveis no Anexo B (p.162).



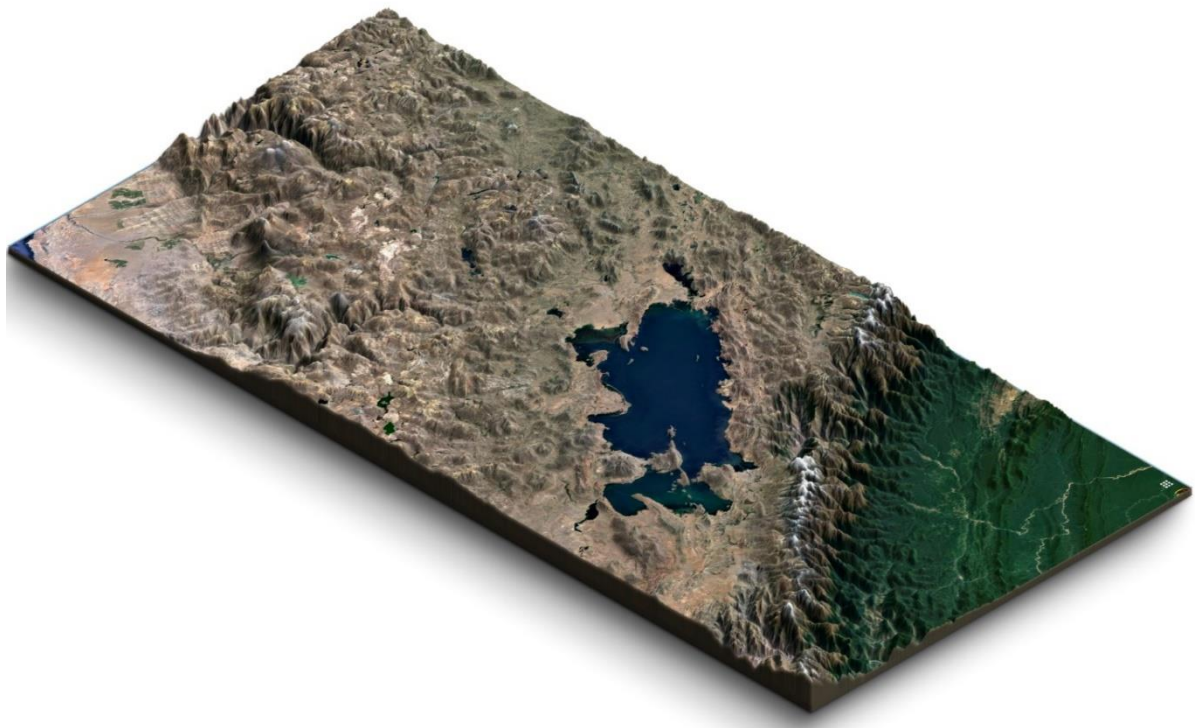
Fonte: Autor.

Figura 69: Modelo para o Caso 04.



Fonte: Autor.

Figura 70: Modelo da Topografia



Fonte: Autor.

No próximo tópico, será apresentada a discussão acerca desta porção do estudo, a qual incide também sobre Nomadismo.

Discussão

O modo de vida dos habitantes das ilhas flutuantes de Uros é único, complexo e de difícil manutenção. Aos poucos, provavelmente, irá desaparecer. Apesar de muitos ainda viverem de maneira tradicional, por meio da pesca, da caça, da colheita de totora, transportando juncos nos seus barcos e reconstruindo as ilhas, é uma repetição cotidiana dura em um ambiente com clima severo.

Manter os laços com a cultura e as tradições dos povos antigos é um desafio que tem se revelado complexo e difícil, pois a sedução pelos novos hábitos de consumo tem se revelado mais forte do que muitas tradições. Muitos jovens parecem estar saindo das ilhas em busca de uma vida mais “confortável”, e mesmo a população que permanece se torna cada vez mais dependente de produtos industrializados. Assim, as tradições e a cultura milenar dos Uros vai se perdendo lentamente. Nos últimos anos, o turismo tornou-se uma parte importante da economia dos Uros. Algumas famílias têm recebido visitantes de todo o mundo em suas casas, proporcionando aos turistas uma experiência singular e, aos moradores, uma troca de cultura antes pouco explorada.

O sistema de arquitetura vernacular aplicado é singular e se integra ao ambiente de forma sustentável, pois utiliza materiais locais orgânicos e, dentro do possível, atende as necessidades em relação a resistência e durabilidade. Algumas das suas práticas são milenares, e assim o próprio sistema construtivo serve como base para disseminação cultural local.

A modelagem lança luz nesse sistema de vida que parece ameaçado e em extinção, tornando-o – contraditoriamente – insustentável. Águas poluídas com metais, diminuição da disponibilidade de alimentos e da Totora, urbanização descontrolada às margens do lago e sistemas de biomas em desequilíbrio; tudo indica que o sentido do Titicaca e seus habitantes nômades é o próprio refazerem-se das agressões (indiretas) crescentes do meio urbano frente ao seu habitat. De resto, recoloca-se uma situação trágica que é a de estar no gozo da liberdade nômade no meio do lago, envolto por ameaças limitadoras de seu movimento. A comunidade começa a remendar-se por sua própria cultura, para vendê-la aos turistas, e seu sentido se perde, como exemplo de solução nômade.

Tendo-se elaborado quadros avaliativos para cada caso (ver Apêndices), apresenta-se, a seguir, a análise de resultados desta Tese, construída para demonstrar a conexão dos estudos de caso (cf. p. 59) com o quadro teórico da Concretude da Modelagem (cf. p.55).

6. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se neste capítulo a análise de resultados e a discussão realizada após a aplicação do quadro teórico da Concretude da Modelagem (cf. p. 55), sobre os estudos de caso construídos nesta Tese (cf. p. 59), ao qual buscou estabelecer relações entre fatos e teorias que explicam e sustentam o funcionamento dos modelos avaliados.

Como a tese recorre a quadros epistemológicos contemporâneos, tenta-se esclarecer a consequência deste tipo de abordagem para a modelagem da informação e reconhecer crítica e analiticamente – nos estudos de caso – suas falhas e sucessos. Cada estudo de caso foi decomposto e analisado individualmente.

O capítulo é encerrado com a realização de uma crítica à racionalidade das epistemes, que, conforme apresentada anteriormente (cf. p. 33), produziram uma crise metodológica que precisa ser superada.

A síntese deste trabalho é apresentada a seguir.

6.1. Conexão entre a episteme da Concretude da modelagem e o estudo 01.

A modelagem sobre o primeiro estudo de caso (Parametrização de projetos de Arquitetura e Engenharia), apresentado a partir da página 59, lança luz sobre a importância do desenvolvimento e modernização da construção civil. Após a elaboração do referencial teórico e da criação de um modelo paramétrico de uma edificação residencial multifamiliar em um software BIM, confirmou-se que a parametrização de projetos pode evitar desperdícios de matéria prima e retrabalhos, auxiliando na predição real dos custos da obra, de divergências projetuais (projeto arquitetônico, elétrico, decoração e outros), de riscos e o seu tempo de execução.

A pesquisa permitiu identificar que a baixa adesão à adoção ao uso da parametrização de projetos, através da modelagem da informação, revela um problema com características sistêmicas e complexas (com multivariáveis), presente no ambiente do sistema (setor da construção civil), em sua administração (empresários e governo), nas coações fixas (normas e regras) que interferem diretamente nos recursos dos sistemas (profissionais habilitados e

equipamentos), nos seus objetivos (projetos e obras) e nas medidas de rendimento do sistema (produtividade e lucratividade). Inferiu-se que os seus componentes não estão bem relacionados e que existe um problema gerado pelo não acoplamento estrutural entre o modelo desenvolvido e o ambiente, pois mesmo já existindo tecnologia disponível, ainda é pouco utilizada.

Além disso, o problema se revela também emergente, pois a inércia no investimento em novas tecnologias e capacitação profissional pode estar associada a uma aparente estagnação de vários componentes envolvidos na construção civil, como os empresários, os profissionais técnicos e o próprio governo. Isso pode ser explicado por um certo senso de universalidade de práticas, gerando fenômenos emergentes negativos (quando associado ao atraso do setor) de agrupamentos de massa. Ainda que lenta, essa mudança está, aos poucos, acontecendo no país.

Para proteger o modelo desenvolvido, foi possível anular as suas conexões com os componentes do ambiente, garantindo ausência de interferências externas e o bom funcionamento do sistema enquanto permanecia desconectado. Porém, o estudo poderia ter tentado aplicar *links* automáticos de atualização de materiais e preço no software para resultar em soluções que permitissem o modelo permanecer atualizado (falha metodológica).

A modelagem não conseguiu apresentar a emergência de fenômenos que estavam fora do modelo, como, por exemplo, revelar como a administração pública poderia contribuir com seu desenvolvimento ou apresentar dados de como funciona o ambiente da construção civil brasileira. Essas questões não foram foco da pesquisa, mas estes dados poderiam contribuir com o trabalho.

O estudo permitiu aferir que tanto o ambiente (setor da construção civil) quanto o modelo paramétrico, quando conectado e compartilhado, são capazes de se autoconstruírem e se autoadministrarem, apresentando assim características autopoieticas, ainda que se deva reiterar que, nesta pesquisa, o modelo não foi concebido para se auto-organizar, pois, permaneceu isolado.

Durante a construção do modelo foram realizados testes de múltiplas variáveis para compreender os fenômenos para demonstrar o potencial da parametrização, como a associação de variáveis topográficas, arquitetônicas (estruturais e decorativas), de materiais (custo, quantidade, propriedades físicas, entre outros). Porém há espaço para realização de inúmeros outros testes.

A compressão dos grafos, enquanto método racional lógico de pesquisa, visou aferir as ligações entre componentes que compõem o modelo, sendo possível especificar suas partes (vértices e arestas). Como exemplo, pode ser citado, dentro do modelo, a relação entre materiais, quantitativos, custos, produtividade e a relação das propriedades dos componentes

(curvas de nível, parede, janelas, portas, telhados e outros). Fora do modelo 3D, e dentro do problema da pesquisa, podemos ainda citar as relações entre Governo, empresas, funcionários, clientes, disponibilidade tecnológica, e assim por diante.

6.2. Conexão entre a episteme da Concretude da Modelagem e o estudo 02.

Através da modelagem ambiental realizada no segundo estudo de caso (Modelagem computacional de ambientes construídos e espaços públicos urbanos em busca de focos do mosquito *Aedes Aegypti*, p.78), foi possível rastrear, por meio de parâmetros elaborados na pesquisa, áreas suscetíveis a desova desse vetor de arboviroses. Assim, foi possível prever espaços que podem se tornar futuros focos de proliferação do *Aedes Aegypti* e ensaiar ações de combate ao mosquito de forma antecipada. Os resultados da pesquisa demonstram o potencial da metodologia no estudo da associação de novas tecnologias às políticas de saúde pública.

A pesquisa permitiu identificar que a dificuldade dos órgãos públicos, pesquisadores e da sociedade em combater a disseminação e o avanço do mosquito *Aedes Aegypti* sobre o território nacional revela um problema com características sistêmicas e complexas (com multivariáveis), presente no ambiente do sistema (áreas da cidade), em sua administração (governo e população), em coações fixas (normas e regras), nas medidas de rendimento do sistema (número de infectados), que acabam interferindo diretamente no objetivo do sistema (promover qualidade de vida à população) e em seus recursos (hospitais, técnicos de diferentes áreas, orçamento, entre outros), mostrando que os seus componentes não estão bem relacionados. Entretanto, curiosamente não se pode dizer que o problema é gerado pelo não acoplamento estrutural entre o modelo desenvolvido e o ambiente, pois neste caso, os modelos obtidos ainda são apenas propostas de pesquisa em fase inicial de desenvolvimento.

O problema se revela também emergente, pois o combate ao mosquito *Aedes Aegypti* depende da ação de todos os agentes que compõem a sociedade. Porém destaca-se que, para ser solucionado, depende da integração entre órgãos públicos, pesquisadores e a comunidade. O estudo da Emergência permitiu a identificação de parte dos elementos causadores do problema e seus tipos de relação, como exemplo: o comportamento do próprio vetor epidemiológico (*Aedes Aegypti*) em busca de alimento e locais de reprodução; e da sociedade que tende a ter comportamentos em massa em busca de soluções para problemas que afetam sua qualidade de vida.

Após a construção do estudo de caso, foi possível conjecturar que futuras pesquisas poderão ser aplicadas em outras regiões para comparação sistêmica dos dados, tornando possível comparar, por exemplo, o número de focos com o número de pessoas contaminadas em áreas distintas. Além disso, a modelagem não levou em consideração a Emergência de fenômenos que estavam fora do sistema modelado, como por exemplo a administração pública, atitudes governamentais, comportamento da comunidade, dentre outros.

O estudo permitiu aferir que o ambiente do sistema (área da cidade) é capaz de se autoconstruir e se autoadministrar, apresentando assim características autopoieticas. Porém, o modelo computacional desenvolvido não possui essa característica, visto que não está conectado a sistemas que o permitam se retroalimentar, pois a tecnologia utilizada não está apta a essa integração. Caso haja necessidade de manter o modelo atualizado, será necessário abastecer sua base de dados frequentemente. Porém essa incapacidade tecnológica pode gerar uma solução inadequada, ao deixar de promover uma integração que poderia apresentar resultados significativos.

Na tentativa de proteger o sistema, verificou-se a possibilidade de isolá-lo para que ele não sofresse interferências externas, embora não seja possível remover ou isolar a área da escola Estadual Central (espaço urbano). Contudo, o modelo computacional elaborado pôde ser isolado, mantendo assim sua integridade.

Neste estudo (caso 02) foi possível identificar partes significativas das variáveis interferentes no sistema, mas diante da complexidade do estudo, provavelmente a maior parte não pôde ser identificada. Quanto tratamos da construção do modelo isolado, podemos citar, por exemplo, os tipos e a quantidade de cada componente, a disponibilidade de equipamentos tecnológicos, as dificuldades computacionais de processamento, a área de estudo (volumetria, dimensões, quantidade de vegetação presente) dentre outros. Quando tratamos do problema, podemos citar as políticas públicas, o engajamento da população, as dificuldades inerentes impostas pelo comportamento do mosquito *Aedes Aegypti*, o tipo de ambiente avaliado (urbanismo, quantidade de vegetação, topográfica), e outros.

Para demonstrar o potencial do modelo elaborado foram realizados testes de múltiplas variáveis para compreender os fenômenos. Como exemplo, indicam-se a associação de variáveis topográficas do terreno, arquitetônica e urbana da escola (espaço, forma e características), de materiais (propriedades físicas como a temperatura), entre outros. Ainda assim, entende-se que há espaço para realização de inúmeros outros testes.

A arquitetura dos grafos pode ser identificada em todas as etapas desta pesquisa. Como exemplo, pode ser citado, dentro do modelo, a relação entre as propriedades dos componentes

(temperatura, material, volumetria, entre outros), quantitativos, as conexões entre nuvens de pontos, modelo 3D e ortomosaicos. Fora do modelo 3D, mas dentro do problema da pesquisa, podemos ainda citar as relações entre Governo, sociedade, pesquisadores, saúde pública, urbanismo, agentes epidemiológicos, disponibilidade e oferta de tecnologia, e assim por diante.

6.3. Conexão entre a episteme da Concretude da Modelagem e o estudo 03.

Através da modelagem realizada no terceiro estudo de caso (Modelagem de dados da covid-19 em Belo Horizonte, p.103), foi possível identificar que o rápido espalhamento pelo contato social da Covid-19 revela um problema com características sistêmicas e complexas (com multivariáveis), presente no ambiente do sistema (cidade), em sua má administração (Governo) que não demonstrou capacidade em dar respostas eficientes e que não possuía uma rede de saúde apta a atender a população, em suas coações fixas (normas e regras), que afetaram negativamente as medidas de rendimento do sistema (número de infectados), que acabam interferindo diretamente no objetivo do sistema (promover qualidade de vida à população) e em seus recursos (hospitais, técnicos da saúde, orçamento disponibilizado, dentre outros).

Entretanto, destaca-se que, no começo da pandemia, o problema não foi visto como estruturado pela lógica da proximidade do contágio. A transmissão da carga viral era desconhecida, reduzindo os protocolos ao tradicional. A estrutura provável é muito aberta (em rede), com contatos intermunicipais, interestaduais, entre outros. Naquele momento não havia parâmetros para identificar estas ocorrências. O problema está relacionado ao arranjo dos componentes (informação e dados sobre transmissibilidade, contágio, dentre outros) pois eles não foram imediatamente identificados. No caso, não se tratava de componentes danificados, mas ausentes. Informações que não foram narradas e que não poderiam se integrar à estrutura sistemática que estava sendo montada.

Na construção do modelo, não consideramos a modelagem das áreas de espalhamento da infecção por COVID-19 preditiva, porque realizamos uma sobreposição de mapas sem considerar as complexidades dos setores nas camadas sobrepostas. O número de variáveis (sistema complexo multiníveis) revelou-se maior do que inicialmente previsto. Dessa maneira, não obtivemos dados adequados para confirmar sua capacidade de realizar predições (falha metodológica).

As soluções pensadas para a separação do território foram rebatidas pelo impacto social que poderiam causar, misturando-se com preconceitos e embates sociais relacionados (falha metodológica). Destaca-se que o modelo proposto foi refutado, mas não invalidado, pois abriu-se um leque de possibilidades de estudos com ajustes e adaptações.

O problema também apresenta características emergentes, pois o espalhamento das bordas da cidade mistura urbano e rural, *locus* onde ocorrem as mutações do vírus. Este é um exemplo de uma situação emergente dentro do sistema. Outras emergências ocorrem devido a correlação dos componentes com fatores externos ao meio ambiente definido (governança, hierarquias, modos narrativos de comunicação social, dentre outros). O estudo da Emergência permitiu a identificação de parte dos elementos causadores do problema e seu tipo de relação, como exemplo, o aumento da densidade populacional nos espaços urbanos e a disseminação de notícias falsas (*fake news*).

A modelagem não conseguiu apreender a emergência de fenômenos interferentes sobre as informações que estavam fora do sistema modelado, como por exemplo a administração pública, a comunicação social, atitudes governamentais desassociadas nas suas três casas/poderes (legislativo, executivo e judiciário), dentre outros, ainda que se reconheça – ao final – que tais dados poderiam contribuir com a pesquisa. Pode-se dizer que o problema é, em parte gerado pelo acoplamento estrutural entre o modelo desenvolvido e o ambiente, pois os fenômenos emergentes mostraram um ambiente muito maior e mais complexo do que o que foi modelado (falha metodológica).

O ambiente (cidade) é capaz de se autoconstruir e se autoadministrar, apresentando características autopoieticas. Porém, isolado, o modelo desenvolvido não possui essa característica pois não está conectado a sistemas que o permitam se retroalimentar automaticamente.

Não foi possível remover ou isolar o sistema para sua análise, mas após a coleta de dados no local foi possível criar e isolar o modelo computacional para protegê-lo de interferências externas. O modelo não foi concebido para se auto-organizar frente à variedade de emergências que envolvem a situação-problema. Se houver a necessidade de manter o modelo atualizado, é necessário atualizar dinamicamente sua base de dados que é temporal.

Nesse estudo (caso 03), não foi possível identificar todas as variáveis que interferem no sistema, mas o avanço da tecnologia talvez possa ampliar esse número no futuro. Contudo foram realizados testes nas múltiplas variáveis encontradas para compreender os fenômenos, como os cálculos de indicadores de mobilidade ativa. No entanto, a tentativa de generalizar o modelo com suas complexidades demonstrou ser uma solução insuficiente.

A configuração construtiva proposta pelos grafos foi utilizada para aferir as ligações entre componentes que compõem o modelo, sendo possível especificar suas partes (vértices e arestas). Como exemplo, pode ser citado a análise de redes através do Tool box do ArcGis®, análise de redes do plugin *Urban NetWork Analysis*®, e a análise de redes por sintaxe espacial via DepthMapX®.

Com a construção deste estudo de caso, desenvolvido por um arquiteto e urbanista, junto com coautores, ensaia-se resposta ao segundo problema exposto no trabalho, sobre a pouca participação dos Arquitetos e urbanistas no estudo da saúde no espaço urbano para propor soluções espaciais testáveis para a cena da cidade, citado no podcast “*The Urbanization of Covid-19*” (2020), mostrando que a participação desses profissionais pode contribuir diretamente com a construção de políticas públicas em situações de emergências como em eventos de pandemia.

6.4. Conexão entre a episteme da Concretude da Modelagem e o estudo 04.

A modelagem do quarto estudo de caso (Nomadismo nas ilhas de Uros, p.118), permitiu identificar que os fatores que afetam o modo de vida dos Uros são problemas que possuem características sistêmicas e complexas (com multivariáveis), presente no ambiente do sistema (lago Titicaca e seu entorno), em sua administração (governo peruano e boliviano), em coações fixas (normas e regras), nas medidas de rendimento do sistema (disponibilidade de alimento e matéria prima, qualidade das águas do lago, dentre outros), que acabam interferindo diretamente no objetivo do sistema (qualidade de vida dos Uros), mostrando que os seus componentes não estão bem relacionados, gerando mudanças estruturais do ambiente, forçando os Uros a se adaptarem a uma realidade ambiental inadequada.

A má administração do sistema, que não consegue aplicar políticas de proteção às águas do lago Titicaca, à fauna e à flora locais, e à população das ilhas, apresenta complexidades incomuns, pois o Lago Titicaca encontra-se entre dois países e possui dezenas de pequenas cidades em sua volta, tornando difícil a adoção de políticas em larga escala.

O modelo desenvolvido foi capaz de prever que o modo de vida da tribo de Uros está ameaçado, revelando que há fatores sociais e bioquímicos que impactam os Uros (cidades ao redor do lago, turismo, migração, contaminação da água por produtos químicos, diminuição da

disponibilidade de alimentos como peixes e aves e escassez da Totora). Observa-se que o crescimento das cidades e o turismo, ao mesmo tempo em que proporcionam certo conforto material e financeiro para os habitantes, contribuem com o fim da cultura local, desenraizando as pessoas jovens e contaminando a fauna e flora da região.

O problema revela ainda características emergentes, tanto nas cidades (promovidos pela administração governamental), quanto nas ilhas dos Uros, onde se observa o fenômeno do comportamento de massa, explicado por ser agrupamentos transitórios, espontâneos, por vezes imprevisíveis e, em certa medida, desprovidos de uma organização central, pois cada ilha possui as próprias regras, apesar de possuírem laços entre si. As decisões da comunidade afetam diretamente o ambiente em que vivem e seu entorno, interferindo, por exemplo, em sua dependência das cidades e de turistas.

A modelagem não conseguiu apreender a Emergência de fenômenos interferentes sobre as informações que estavam fora do sistema modelado, como por exemplo as atitudes governamentais, a colaboração das agências de pesquisas, as relações entre os povos de Uros e as comunidades das cidades em volta do lago, entre outros. Esta questão não foi foco da pesquisa, mas infere-se que estes dados poderiam contribuir com o trabalho.

Os Uros apresentam características autopoieticas, pois conseguem se autoproduzir e autoadministrar, revelando assim como conseguiram sobreviver às invasões de outros povos indígenas, como a dos Incas, a invasão Espanhola, e tem sobrevivido às mudanças estruturais recentes.

Devido à escala do sistema estudado, não foi possível removê-lo ou isolá-lo para seu estudo, mas, após a coleta de dados, foi possível criar e isolar os modelos computacionais para protegê-los de interferências externas. Devido à indisponibilidade de tecnologia capaz de trabalhar com a quantidade de emergências e multivariáveis disponíveis, não foi possível criar um modelo capaz de se auto-organizar. Assim, se houver a necessidade de manter o modelo atualizado, pensa-se ser necessário abastecer sua base de dados frequentemente, pois a coleta de dados foi temporal.

O modo de vida dos Uros é singular e reservado. Há muitos dados que poderiam contribuir com a pesquisa e que não foram obtidos devido à dificuldade de comunicação com os habitantes, ou devido ao fato de eles manterem alguns ritos em segredo. Esses dados poderiam revelar fenômenos emergentes que não puderam ser catalogados na pesquisa.

Nesse estudo de caso, foram realizados testes de múltiplas variáveis para compreender os fenômenos. Como exemplo, a associação de variáveis topográficas do entorno do lago Titicaca, a arquitetura e o urbanismo locais (espaço, forma e características), os materiais

empregados na construção das ilhas, casas e barcos, o modo de vida dos habitantes, entre outros, porém ainda assim há espaço para realização de inúmeros outros testes.

A lógica entre as conexões (grafos) dos componentes do sistema foi utilizada em todas as etapas desta pesquisa. Como exemplo, pode ser citado, dentro do modelo, a relação e as propriedades dos componentes, altimetria, volumetria, topografia, materiais, entre outros. Fora do modelo computacional, e dentro do problema da pesquisa, podemos ainda citar as relações entre a comunidade dos Uros, governos das cidades ao redor do lago, turistas, pesquisadores, assim por diante.

6.5. Crítica à racionalidade que não aceita explicativos abstratos, subjetivos, sem referência intelectual e desconhecidos.

No tratamento da relevância histórica, existem indícios de uma totalização da compreensão do fenômeno, o que vai ocorrer para todos os estudos de caso. Essa totalização refere-se a tentativa humana de conhecer as coisas obtendo de sua comparação uma semântica (sentido, significado). A epistemologia, como já foi dito, trata do processo de compreensão do mundo, da vida, do conhecimento. Tentar ter uma visão do mundo a partir da ciência significaria ter um sistema filosófico completo, tais como os de Aristóteles⁵⁸, São Tomaz de Aquino⁵⁹ e Hegel⁶⁰.

De fato, a compreensão dos fenômenos, na base da articulação de todas as coisas com todas as coisas, diz respeito a um aspecto filosófico que nasce já na Grécia antiga (sec. IV a.C.), onde as ciências não estavam separadas e a natureza era concebida como possuindo um *logos*. Ou seja, para o grego antigo, os fenômenos naturais correspondiam à personalidade da natureza, relacionados também a mitos.

Gradativamente, ao longo da história, substituiu-se a compreensão dessa articulação por sua narrativa, através da linguagem logicamente estruturada da referida totalidade, separando campos científicos dos mitos e da poética.

⁵⁸ Aristóteles foi um filósofo grego, polímata considerado como um dos pais da filosofia ocidental.

⁵⁹ Tomás de Aquino foi um frade católico italiano da Ordem dos Pregadores cujas obras tiveram enorme influência na teologia e na filosofia, principalmente na tradição conhecida como Escolástica.

⁶⁰ Georg Wilhelm Friedrich Hegel foi um filósofo germânico importante da Fenomenologia.

Mas como pensar, contemporaneamente, na ciência como capaz de, sistemicamente articular todos os fenômenos através de uma única visão do conhecimento? Tal é o desafio da física contemporânea, tentando unificar a explicação das quatro forças fundamentais (força fraca⁶¹, força forte⁶², eletromagnetismo⁶³ e a gravidade⁶⁴), numa Teoria de todas as coisas.

Considerando tudo o que foi brevemente resumido, o conhecimento hoje sofre com a cisão daquilo que é um dado para a razão e daquilo que é um dado para os sentidos, correspondendo as ciências duras e seus métodos, e as ciências sociais, com suas práticas empíricas, como questionários.

O que parece estar errado é que a realidade não aceita ser tomada – para compor uma episteme – como um objeto a trato do seu sujeito. Os fenomenólogos do século passado e atuais (Edmund Husserl, Heidegger, Merleau-Ponty⁶⁵, dentre outros) tentaram explicar o conhecimento como articulante de toda a realidade, sobretudo o sujeito e o objeto. Assim, racionalismo e empirismo sofrem continuamente com as incertezas nos seus métodos. Para o racionalismo contemporâneo, o real é o modelo dado pela razão. Para o empirismo, o real é dado pela percepção. O que os dois têm em comum é a consideração de que a realidade é uma coisa estática, um objeto que, por exemplo, está guardado em uma estante. Mas a realidade é complexa, como esperamos nesta tese ter demonstrado.

A realidade não aceita simplificações, ao que parece. Não aceita sistemas isolados e suas interpretações, enfatizando o racionalismo ou o empirismo. Dito de outro modo, as coisas são como são, ao mesmo tempo complexas e objetivas. O jogo de interpretações são atos narrativos que se propõem a ser generalizáveis, e os modelos feitos de narrativas padecem do mesmo problema, a saber, sua relação entre quem os percebe e o que de fato eles são.

Não se propõe aqui o que fazer, mas acentuam-se os problemas que advêm do que foi feito – modelos dos fenômenos estudados. Neste trabalho enunciaram-se epistemólogos e teorias, cujo pensamentos serviram de guia. Cabe então fazer uma breve nota crítica a eles também.

⁶¹ A força fraca é a interação fraca que ocorre entre os léptons e quarks. É a força responsável pelo decaimento radioativo.

⁶² A força forte é a mais forte de todas as interações da natureza e é mediada por bósons chamados de glúons.

⁶³ A força eletromagnética é uma força que pode ser tanto repulsiva quanto atrativa, em respeito ao sinal das cargas interagentes, atuante em partículas carregadas (como prótons e elétrons) e nela se inclui a força eletrostática, descrita pela Lei de Coulomb, e a força magnética, para partículas em movimento.

⁶⁴ A força gravitacional é uma força atrativa que atua entre todas as partículas que possuem massa.

⁶⁵ Maurice Merleau-Ponty foi um filósofo e fenomenólogo francês. Seu trabalho estabelece o reconhecimento da análise como uma corporalidade da consciência da intencionalidade corporal.

Karl Popper possui inúmeros detratores que enfatizam que o hipotético - dedutivismo não permite o teste de hipóteses que foram formuladas valendo-se do que para ele são irracionalidades, abstratos coletivos, eliminando fenômenos que não estão no foco de sua teoria. Por exemplo, o conhecimento da composição da realidade é hoje feito por colisão de partículas. Não há hipóteses prévias de quais partículas serão detectadas. O bóson de Higgs havia sido deduzido a quase 50 anos antes de sua descoberta em 2015. Outros campos e particulados provavelmente aparecerão futuramente sem que se necessitem refutações de hipóteses previamente elaboradas. Talvez seja, genericamente, por essa razão que Feyerabend se insurge contra Popper, propondo o que popularmente passou a ser entendido como uma epistemologia da anarquia (contra o método). Em outras palavras, nosso instrumental, no século XXI, não se circunscreve as experiências da dimensão comum da vida humana. Assim sendo passa a ser vantajoso considerar o quadro de conhecimentos epistemológicos como advindos de um movimento de ideias, desejos e sonhos dos cientistas.

Maturana por sua vez, não completa um sistema filosófico que ampare a sua biologia do conhecimento. Seu trabalho é incompleto e a solução para as “narrativas entre parênteses” – que ele considera como constituintes da cidadania – não há indicativos de um caminho claro para que isso se dê, por exemplo, uma revolução, um novo estado de consciência, ou outros dispositivos de que se valeram epistemólogos antigos.

Por sua vez, a Teoria dos Sistemas, a Teoria da Emergência e a Teoria da Complexidade, encontram-se em desenvolvimento e se apoiam no ferramental da tecnologia da informação, sobretudo. Sabemos que a TI não pode prever a finalização de seu processo evolutivo, ficando estas duas teorias à mercê de descobertas futuras. Greenfield (2006) menciona no seu livro, *“Everyware: the Dawning Age of Ubiquitous Computing”*, descobertas revolucionárias, tecnologias inovadoras, e uma série de aspectos abertos a evolução, aparentavam ser as ondas de um oceano pouco calmo, que lhes chegavam como escritor. Portanto, Emergência e Complexidade estão à deriva deste oceano que tende a se tornar bravio, e resta apontar que a postura diante de um quadro epistemológico tão convulso é a busca da introspecção, no sentido Heideggariano⁶⁶.

Com a finalidade de responder a problemática levantada na pesquisa, reiterar a confrontação das hipóteses e demonstrar como os objetivos foram alcançados, apresenta-se a conclusão da Tese.

⁶⁶ Maurice Merleau-Ponty foi um filósofo e fenomenólogo francês. Seu trabalho estabelece o reconhecimento da análise como uma corporalidade da consciência da intencionalidade corporal.

7. CONCLUSÃO

O desfecho para o assunto discutido ao longo do desenvolvimento da tese é apresentado neste capítulo, junto com as soluções e análises a respeito do que foi debatido sobre modelagem da informação de fenômenos complexos (abertos, dinâmicos, emergentes, autopoieticos e com muitas variáveis) na Arquitetura, no Urbanismo, na Saúde Urbana e no Meio Ambiente. Encerra-se o capítulo apresentando sugestões para trabalhos futuros.

Após a revisão da literatura, foi possível correlacionar as principais epistemes e modelos científicos do século XX e XXI, a fim de verificar conflitos entre os enquadramentos teóricos adotados na elaboração de modelos da realidade e a falibilidade preditiva de modelos de fenômenos complexos (hipótese 01), para tentar propor alguma solução. Desta forma, foi tecido um quadro teórico denominado de Concretude da Modelagem (cf. p.55). Na tentativa de validá-lo – ao menos parcialmente –, refutá-lo ou abrir novos caminhos para as pesquisas. Sua metodologia foi aplicada sobre quatro estudos de caso distintos.

Ao compararmos a análise dos estudos de caso, foi possível observar que o quadro de conhecimento da Concretude da Modelagem é capaz de elucidar questões sobre a estrutura do sistema avaliado e dos modelos elaborados, revelando suas características estruturais, suas propriedades sistêmicas (ambiente, administração, coações fixas, recursos, finalidades e medidas de rendimento), suas características emergentes (comportamentos espontâneo em massa), suas propriedades autopoieticas (capazes de se autoproduzirem e autogerirem), sua complexidade (multivariáveis não lineares que interagem em níveis diferentes), e sua capacidade preditiva, permitindo verificar a organização do seu estado atual, sendo possível validar a episteme elaborada e, ao mesmo tempo apresentar uma solução para o problema da pesquisa, alcançando os objetivos propostos (cf. p. 21).

A observação acurada mostra que, mesmo com o avanço tecnológico das últimas décadas, ainda há dificuldades computacionais para criar modelos complexos para as ciências sociais aplicadas, como ocorre nas ciências duras, como na física e na matemática, onde é possível, por exemplo, verificar o espalhamento da matéria no universo, ou aferir o comportamento do mercado financeiro em crises econômicas (hipótese 02). Porém, dependendo da complexidade apresentada, já é possível criar modelos computacionais que apresentem características e comportamentos semelhantes aos modelos físicos reais, sendo capazes de se autogerirem e retroalimentarem (simuladores de multidões, simuladores de fluxos, simuladores mecânicos, dentre outros) (hipóteses 03 e 04).

O uso de *software* especializados – como o Deapth Map X®, ArcGis® (módulo ArcMap) a análise de redes do *plugin Urban NetWork Analysis*® e o Metashap® – permitiu definir, no modelo ambiental, os elementos relacionados ao movimento e as variáveis que acusam as relações populacionais com a natureza local (hipótese 05). Demonstrou-se ser possível, por exemplo, aferir quantitativos (distâncias, número de edificações, quantidade de ruas e suas conexões, topografia local, equipamentos urbanos, entre outros).

A modelagem de fenômenos complexos requer, de fato, complexidade, pois a realidade parece não aceitar simplificações ou sistemas isolados. Por isso, a aplicação do racionalismo e do empirismo não costuma apresentar resultados adequados para este tipo de pesquisa. Contudo, a aplicação da episteme da Concretude da Modelagem demonstrou que a adoção da Informação como algo concreto na análise de sistemas, sem desconsiderar que o observador (cientista) pode interferir no processo devido as suas próprias experiências vividas, e que seu tratamento lógico e racional deve ser revisto, pode produzir um modelo mais “próximo da realidade” o qual, depois de aceito, passa a constituir um quadro abstrato e intelectual que permite a sua análise sistêmica.

Mesmo buscando um quadro teórico explicativo e preditivo, o estudo dos modelos não é uma abordagem científica predeterminada; os modelos são dinâmicos e evoluem com a ciências, com o tempo e as tecnologias. Os novos problemas para a vida humana, que aumentam a complexidade do viver, em consequência às novas atividades que passaram a fazer parte do cotidiano, ao mesmo tempo em que geram novas adversidades, estimulam o avanço das tecnologias e amplificam as oportunidades científicas. Isso nos mostra que sua indeterminação, aparente nos instrumentos contemporâneos, pode ser a garantia da liberdade do pensamento científico, e que ainda há muito para se avançar na modelagem de fenômenos complexos.

Este assunto é, além de complexo, muito extenso, e esta tese contribuiu para elucidar problemas epistemológicos na modelagem de sistemas, passando desde o sistema de Bertalanffy, à complexidade sistêmica. Espera-se assim que seu conteúdo possa contribuir com o avanço do conhecimento no campo da modelagem da informação, apoiando pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, visando a modernização e o debate sobre a avaliação de sistemas/construção de modelos.

Encerra-se esta tese sinalizando que a Modelagem é a solução e a saída para avançarmos com a evolução de todas as áreas da ciência. E que, para sua concretização, é necessário que o cientista mergulhe no problema que o paradigma apresenta.

7.1. Sugestão para trabalhos futuros

Apresenta-se aqui sugestões que possam colaborar com a elaboração de futuras pesquisas.

Em relação ao primeiro estudo de caso (cf. p.59), que abordou a modelagem paramétrica de projetos de Arquitetura e Engenharia, recomenda-se que novas pesquisas tentem realizar a construção de um modelo com a colaboração de profissionais de outras áreas (Engenheiro civil, elétrico, hidráulico, topógrafo, entre outros) gerando um modelo multidisciplinar, e que cada novo processo e atualização seja discutida pela equipe. Além disso sugere-se que o modelo permaneça conectado na internet e que receba atualizações automáticas de materiais, preços, fornecedores, dentre outros, na tentativa de promover autonomia ao modelo.

Em relação ao segundo estudo de caso (cf. p.78) que consistiu na modelagem computacional de ambientes construídos e de espaços públicos urbanos em busca de possíveis focos do mosquito *Aedes Aegypti*, recomenda-se que a pesquisa seja aplicada sobre áreas residenciais, e, na tentativa de encontrar uma relação entre a quantidade de focos e pessoas infectadas em cada área, que os dados sejam comparados. Sugere-se também que seja elaborado um código de programação capaz de relacionar e quantificar os parâmetros de identificação de poças de água indicados na pesquisa (temperatura, planicidade, reflexibilidade) de forma automática, com o objetivo de agilizar o mapeamento das regiões avaliadas.

Em relação ao terceiro estudo de caso (cf. p.103), onde foi proposto um experimento para prever o contágio da Covid-19, em Belo Horizonte, recomenda-se que a pesquisa seja refeita utilizando-se novos parâmetros (a serem definidos) e dados atualizados da pandemia, visto que no momento da execução deste estudo de caso, ainda estávamos no começo da pandemia e muitos dados eram ainda desconhecidos.

Em relação ao quarto estudo de caso (cf. p.118) que apresentou os resultados de uma pesquisa exploratória sobre o nomadismo territorial, estudando os Uros, recomenda-se que novas pesquisas sejam feitas com apoio dos governos e universidades Peruana e Boliviana, pois acredita-se que estes podem contribuir com dados e experiência adquiridos ao longo das últimas décadas, devido à proximidade política e geográfica com os Uros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-HAKIM, Latif. **Information Quality Management**. Hershey: IGI Global, 2007. DOI: 10.4018/978-1-59904-024-0. Disponível em: <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-59904-024-0>.

AMORIM, Leonardo Magalhães Rezende. **Criminalidade em Belo Horizonte: uma análise sobre seus aspectos temporais e espaciais e discussão dos efeitos das bases móveis da Polícia Militar sobre sua dinâmica**. Trabalho Final de Graduação. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <http://monografias.fjp.mg.gov.br/handle/123456789/2529>.

ANDERSON, Warwick. Immunities of Empire: Race, Disease, and the New Tropical Medicine, 1900–1920. **Bulletin of the History of Medicine**, Charles Village, v. 70, n. 1, p. 94–118, 1996. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/44444595>.

ANDRADE, Luciana Teixeira de; MENDONÇA, Jupira Gomes de.; DINIZ, Alexandre Magno Alves. **Belo Horizonte: transformações na ordem urbana**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.

ARAÚJO, Andréa Cristina Marques de; GOUVEIA, Luís Borges. Uma revisão sobre os princípios da teoria geral dos sistemas. **Revista Estação Científica**, n.16, julho-dezembro, 2016.

ARNHEIM, Rudolf. **Art and visual perception, a psychology of the creative eye**. Los Angeles: University of California Press, 2004.

AZUMA, Mauricio Hidemi. **Customização em massa de projeto de habitação de interesse social por meio de modelos físicos paramétricos**. 2016. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. DOI: 10.11606/T.102.2018.tde-24042018-102619. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-24042018-102619/>.

BANDLER, Richard; GRINDER, John. **The Structure of Magic**. Palo Alto: Science & Behavior Books, 1976.

BANTA, James E. From International Health to Global Health. **Journal of Community Health**, v. 26, April, p. 73–76, 2001. DOI: 10.1023/A:1005270111548.

BARATTO, Romulo. **Vitrine Revit: plataforma online disponibiliza famílias BIM gratuitamente**. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/892524/vitrine-revit-plataforma-online-disponibiliza-familias-bim-gratuitamente>. Acesso em: 14 ago. 2021.

BAUTISTA, Dulce Maria. Los Uros: apuntes para un estudio del comportamiento gestual y espacial de los indígenas aymara del lago Titicaca. **Revista Colombiana de Psiquiatria**, Bogotá, v. 34, n. 1, p. 101–117, 2005. Disponível em: <http://ref.scielo.org/p4sfgv>.

BEIN, Alex. The Jewish Parasite: Notes on the Semantics of the Jewish Problem, with special Reference to Germany. **The Leo Baeck Institute Yearbook**, London, v. 9, n. 1, p. 3–40,

1964. DOI: 10.1093/leobaec/9.1.3. Disponível em:

<https://academic.oup.com/leobaec/article-lookup/doi/10.1093/leobaec/9.1.3>.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Arquitetura Moderna**. 3a ed. São Paulo: Perspectiva, 2001.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **General system theory: foundations, development, applications**. New York: George Brazillier, 1968.

BORGES, Jorge Luis. **História universal da infâmia**. Rio de Janeiro, Globo, 2001.

BOX, G. E. P. Science and Statistic. **Journal of the American Statistical Association**, v.71, n.356, p.791-799, 1976. DOI: 10.1080/01621459.1976.10480949. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1976.10480949>

BRAGA, I. A.; VALLE, D. Aedes Aegypti: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 16, n. 2, p. 113–118, 2007a.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. Aedes Aegypti: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 16, n. 4, dez. 2007b.

BRANDÃO, Maria Beatriz Afflalo. **O urbanismo e a complexidade moriniana: um exercício epistemológico**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.proureb.fau.ufrj.br/integrantes/maria-beatriz-afflalo-brandao-2/>

BRAUN, Bruce. Thinking the City through SARS: Bodies, Topologies, Politics. In: **Networked Disease**. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009. p. 250–266. DOI: 10.1002/9781444305012.ch15. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444305012.ch15>.

BRASIL. **Decreto nº 9.377**, de 17 de maio de 2018, que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Monitoramento dos casos de dengue até a semana epidemiológica e febre de chikungunya entre das semanas 1 a 52 de 2021, 2022.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Controle da Dengue - PNCD**. [s.l.] Funasa, 2002.

BROADBENT, Geoffrey. **Design in Architecture - Architecture and the Human Sciences**. London: John Wiley & Sons, 1973.

BROCKMANN, Dirk; HUFNAGEL, Lars; GEISEL, Theo. Dynamics of modern epidemics. Em: **SARS: A case study in emerging infections**. [s.l.] : Oxford University Press, 2005. p. 81–91. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198568193.003.0011. Disponível em: <https://oxford.universitypressscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780198568193.001.0001/acprof-9780198568193-chapter-11>.

CARAÚBA, Ana Beatriz Colombo; MELO, Caio Souza de; SILVA, Marinilda Rodrigues da; BARBOSA, Nathália Ribeiro; CORONATO, Bruna de Oliveira; ANTONIO, Elizete Rodrigues. DRONES X DENGUE. **UNILUS Ensino e Pesquisa**, v. 13, n. 30, p. 213, 2016.

CAVALCANTE, Karina Ribeiro Leite Jardim; TAUIL, Pedro Luiz. Risco de reintrodução da febre amarela urbana no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 617–620, 2017. DOI: 10.5123/S1679-49742017000300018. Disponível em: http://revista.iec.gov.br/template_doi_ess.php?doi=10.5123/S1679-49742017000300617&scielo=S2237-96222017000300617.

CAPRA, Fritjof. **The web of life: A new scientific understanding of living systems**. New York: Anchor Books, 1996.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Etymologia: *Aedes aegypti*. **Emerging Infectious Diseases**, [S. l.], v. 22, n. 10, p. 1807–1807, 2016. DOI: 10.3201/eid2210.ET2210. Disponível em: http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/22/10/ET-2210_article.htm.

CHAMAYOU, Grégoire. **Teoria do drone**. São Paulo: Editora Cosac Naify, 2015.

CHURCHMAN, Charles West. **The Systems Approach**. New York: Delacorte Press, 1968.

CONNOLLY, Creighton; KEIL, Roger; ALI, S. Harris. Extended urbanisation and the spatialities of infectious disease: Demographic change, infrastructure and governance. **Urban Studies**, [S. l.], v. 58, n. 2, p. 245–263, 2021. DOI: 10.1177/0042098020910873.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. São Paulo: Editora Atica, 2004.

DAVIS, M. **The monster at our door: the global threat of avian flu**. New York: The New Press, 2005.

DE LANGHE, R.; HARTMANN, S.; SPRENGER, J. Introduction: The progress of science. **Studies in history and philosophy of science**, v. 46, p. 54, jun. 2014.

DE SALLES, S. C. et al. **InfoCOVID-OSUBH – n06**. Disponível em: <https://www.medicina.ufmg.br/coronavirus/profissionais-de-saude/infocovid-osubh-n06/>. Acesso em: 5 set. 2020.

DE SORDI, José Osvaldo. **Modelagem De Dados**. São Paulo: Erica, 2019.

DE SOUZA, W. M. et al. Epidemiological and clinical characteristics of the COVID-19 epidemic in Brazil. **Nature human behaviour**, v. 4, n. 8, p. 856–865, ago. 2020.

DO NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 69–81, 2003.

DÖRRIES, Matthias. **Michael Frayn's Copenhagen in Debate: Historical Essays and Documents on the 1941 Meeting Between Niels Bohr and Werner Heisenberg**. Berkeley: University of California Office for History of Science and Technology, 2005.

EAGLETON, Terry. **O Sentido Da Vida: uma brevíssima introdução**. São Paulo: UNESP, 2021.

ESTRADA, Adrian Alvarez. Os fundamentos da teoria da complexidade em Edgar Morin. *Akrópolis, Umuarama*, v. 17, n. 2, p. 85-90, 2009.

EVANS, L. Carta] 1950 Nov. 27, Washington, DC] a] Virginia Rau] Dactilografado]. 1950. Acessível no Arquivo Histórico da Academia Portuguesa da História, [s.d.].

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Míni Aurélio: O dicionário da língua portuguesa**. 6 ed. Curitiba: Editora Positivo Ltda, 2004

FIDLER, D. P. SARS: Political Pathology of the First Post-Westphalian Pathogen. **The Journal of law, medicine & ethics: a journal of the American Society of Law, Medicine & Ethics**, v. 31, n. 4, p. 485–505, 1 dez. 2003.

FOUCAULT, Michel. **Nascimento da biopolítica**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. **Encontro de tecnologia da informação e comunicação na construção civil**, v. 3, p. 1–12, 2007.

FLORIO, W. Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto em Arquitetura. **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**, SBPQ, p. 571–582, 2009.

FLORIO, W. Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 6, n. 2, p. 43–66, 2011.

FREITAS, M. E. DE. A mobilidade como novo capital simbólico nas organizações ou sejamos nômades? **Organizações & Sociedade**, v. 16, p. 247–264, jun. 2009.

GEO GPS PERÚ. Disponível em: <<https://www.geogpsperu.com/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

G.I.S. “Lago Titicaca”. Disponível em: <http://www.alt-perubolivia.org/web_lago/SIG/misitio5/mapas.htm>. Acesso em: 13 jun. 2021.

GREENFIELD, A. *Everyware: The Dawning Age of Ubiquitous Computer*. **Berkeley: New Riders, AIGA, EUA**, 2006.

GUIMARÃES, M. A origem do povo dos lagos. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/origem-povo-dos-lagos/>>. Acesso em: 14 ago. 2021.

GUIMERÀ, Roger; MOSSA, Stefano; TURTSCHI, A; Amaral, Luis. The worldwide air transportation network: Anomalous centrality, community structure, and cities’ global roles. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, vol. 102, n.22. 2005.

HALLASI PUNTACA, G. L. Determinación de los parámetros microbiológicos y físico-químicos de las aguas de consumo humano en las islas flotantes uros del Lago Titicaca. 2018.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of Physics, Extended**. [s.l.] Wiley, 1996.

HARPER, Douglas. “Etymology of model”. **Online Etymology Dictionary**. s.d. Disponível em: <<https://www.etymonline.com/search?q=model>>. Acesso em: 31 jul. 2021.

HARRIS, R.; LEIDEN, S. *Globalization and Health*. [s.l.] Leiden and Boston: Brill, 2004.

HARVEY, M. C.; ROWLAND, J. V.; LUKETINA, K. M. Drone with thermal infrared camera provides high resolution georeferenced imagery of the Waikite geothermal area, New Zealand *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.06.014>>

HEIDEGGER, M. **Being and Time**. Tradução: John Macquirre And Edward Robinson. London: SCM Press, 1962.

HEIDEGGER, M.; GEBHARDT, A. C. **Construir, habitar, pensar**. [s.l.] Alción Ed, 2002.

HÉLIE, M. **A cidade emergente**. Disponível em: <<https://caosplanejado.com/a-cidade-emergente/>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

HILLIER, B. et al. Natural Movement: Or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement. **Environment and planning. B**, Planning & design, v. 20, n. 1, p. 29–66, 1 fev. 1993.

HILLIER, B. Spatial Sustainability in Cities. (Koch, D. and Marcus, L. and Steen, J., Ed.). Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium. Anais... Em: **7TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM**. Royal Institute of Technology (KTH), 2009.

HILLIER, P. B.; SAHBAZ, O. Or, can we have vitality, sustainability and security all at once? [s.d.].

HOPPE, M. F. F., SOUZA, R. C. F., CAIAFFA, W. T. Modelagem de dados da COVID-19 para uma cidade brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.6, p.65117-65136, jun/2021. [DOI:10.34117/bjdv7n6-741]

HUXLEY, Aldous. **The doors of perception**. Strelbytskyy Multimedia Publishing, 2021.

IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 31 jul. 2021.

Jalal, Adib. **Hacking the City: How Architecture and Art Are Transforming Public Spaces**, Editora Flamant, 2018.

JOHNSON, Steven. **Emergência: a dinâmica de rede em formigas, cérebros, cidades e software**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2003.

KENT, M. A importância de ser uro: movimentos indígenas, políticas de identidade e pesquisa genética nos andes peruanos. **Horizontes Antropológicos**, v. 17, p. 297–324, jun. 2011.

KIND, L.; CORDEIRO, R. NARRATIVAS SOBRE A MORTE: A GRIPE ESPANHOLA E A COVID-19 NO BRASIL. **Psicologia & Sociedade**, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-0310/2020v32240740>>

KOFFKA, K. **Principles of Gestalt psychology**. [s.l.] Routledge, 2013.

LEWIN, R. Complexity: **Life at the Edge of Chaos**. [s.l.] University of Chicago Press, 1999.

MACHADO, B. L.; PEREIRA, D.; DE OLIVEIRA, S. G. TURISMO EO SEGMENTO PET FRIENDLY: UM ESTUDO SOBRE O SETOR HOTELEIRO DE BELO HORIZONTE/MGMG. Revista , 2017.

MAGUIRE, D. J.; BATTY, M.; GOODCHILD, M. F. GIS, spatial analysis, and modeling. [s.l.] Esri Press, 2005.

MANDERSON, L. Introduction to Syndemics: A Critical Systems Approach to Public and Community Health by Merrill Singer *Medical Anthropology Quarterly*, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/maq.12012_3>

MARIUTTI, Eduardo Barros. **Notas sobre o pensamento de Hayek: seleção cultural, complexidade, emergência e tradição**. 2014.

MARTINS, Cristiano; RODRIGUES, Gabriel. Do Belvedere para a favela: casos graves de Covid-19 viram problema da periferia. **Jornal O Tempo**. 5 set 2020. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/cidades/do-belvedere-a-favela-casos-graves-de-covid-19-viram-um-problema-das-periferias-1.2381338#>>. Acesso em: 5 out. 2020.

MATURANA, H. **Ontologia da Realidade**, (Orgs. Cristina Magro, Miriam Graciano e Nelson Vaz). UFMG: Belo Horizonte, 2001a.

MATURANA, H. R. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Ed. UFMG, Belo Horizonte, 2001b.

MATURANA, H. Autopoiesis, Structural Coupling and Cognition: A history of these and other notions in the biology of cognition. **Cybernetics & Human Knowing**, v. 9, n. 3-4, p. 5-34, 2002.

MATURANA, Humberto R. **Biology of language: The epistemology of reality**. 1978.

MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco. **A árvore do conhecimento**. São Paulo: Palas Athena, v. 2, 2001.

MEENA, Asha Ram. Review on surveillance and bionomics of (*Aedes* Mosquitoes) dengue vectors. **International Journal of Entomology Research**, v.5, n.1, p.78-81, 2020.

MIGLIANI, A. Clássicos da Arquitetura: Escola Estadual Milton Campos / Oscar Niemeyer. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/755023/classicos-da-arquitetura-escola-estadual-milton-campos-oscar-niemeyer>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

MOL, V. Contribuições da perspectiva sistêmica para a comunicação no contexto organizacional *Animus*. **Revista Interamericana de Comunicação Midiática**, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2175497710361>>

MONTEIRO, Felipe Faria Rodrigues. **Compatibilização de projeto para obras civis: técnicas e práticas**. 2021. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

MOORE, B. **Moral Purity and Persecution in History**. [s.l.] Princeton University Press, 2000.

MOULINES, C. Ulises. A natureza e a estrutura das teorias científicas. **Perspectivas**, v.3, n.2, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20873/rpv3n2-48>>

MORIN, E. Introdução ao pensamento complexo. [s.l.: s.n.].

MUMFORD, L. **A Cidade na história - suas origens, transformações e perspectivas**. [s.l.] Martins Fontes, 1998.

NAESS, A. **Galileu Galilei: Um revolucionário e seu tempo**. [s.l.] Editora Schwarcz - Companhia das Letras, 2015.

NASA. Westerlund 2 – Hubble’s 25th anniversary image. **EESA**, 2015. Disponível em: <https://esahubble.org/images/heic1509a/>

NATAL, D. Bioecologia do Aedes Aegypti. **Biológico**, v. 64, n. 2, p. 205–207, 2002.

NIETZSCHE, F. **O nascimento da tragédia**. [s.l.] LeBooks Editora, 2019.

NORBERG-SCHULZ, C. **Existence, space and architecture**. London: Studio Visa, 1971.

NORBERG-SCHULZ, C. **Genius loci : towards a phenomenology of architecture**. New York: Rizzoli, 1980.

OECD. Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 8: OECD Consensus Document of the Biology of Mosquito Aedes aegypti. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2018. DOI: 10.1787/9789264302235-en.

OECD; OECD. Crescimento mundial da população urbana, anos 100 a 2050, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264248649-graph60-pt>>

O Fracasso da Primeira Conferência Internacional de Planejamento Urbano. Disponível em: <<https://arquiteturadaliberdade.wordpress.com/2013/03/26/13/>>. Acesso em: 4 ago. 2021.

Pandemia em 1918 parou torneios, matou jogador e mudou costumes - 29/03/2020 - Esporte - Folha. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/esporte/2020/03/pandemia-em-1918-parou-torneios-matou-jogador-e-mudou-costumes.shtml>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

PAULA, J. C. DE; GENTIL, C. **A INSERÇÃO DE DRONES NA LOGÍSTICA URBANA: Nova tendência da indústria 4.0**. 2020.

PEREIRA, P. Enciclopédia dos Lugares Mágicos de Portugal. Camarate, Temas e Debates, Lta, 2006.

PEREZ-GOMEZ, Alberto (1983). *Architecture and the Crisis of Modern Science*. Cambridge, MA, London, England, MIT Press.

POPPER, Karl R. **The Open Society and Its Enemies**. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1963.

POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Cultrix, , 2007.

POPPER, K. R.; BARTLEY, W. W. **The open universe: an argument for indeterminism**. London: Hutchinson, 1982.

PORTAL BELO HORIZONTE. Belo Horizonte em números. 2021. Disponível em: <http://portalbelohorizonte.com.br/negocios/belo-horizonte-em-numeros>. Acesso em: 1 ago. 2021.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Balanço da dengue 2022. Belo Horizonte. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/saude/informacoes/vigilancia/vigilancia-epidemiologica/doencas-transmissiveis/dengue>.

¿Qué es la ALT? Disponível em: <<http://alt-perubolivia.org/web/index.php/que-es-la-alt/>>. Acesso em: 9 ago. 2021.

RAMOS DE CARVALHO, M. C.; DOS SANTOS, F. A.; HOPPE, M. F. F., BARCELOS CARNEIRO, P. E.; HERNANDEZ MATEO, K. (2016). "University Campus Architectural and Urban Quality: Research Projects at CEFET-MG - Brazil", Athens: **ATINER'S Conference Paper Series**, No: ENG2016-2121.

RAMOS, J. M. Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo: o “senso comum” e o “senso científico” **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.52590/m3.p594.a3000852>>

RESILIENCE. A Brief History of Systems Science, Chaos and Complexity. Disponível em: <<https://www.resilience.org/stories/2019-09-12/a-brief-history-of-systems-science-chaos-and-complexity/>>. Acesso em: 11 jul. 2022.

RIBEIRO, Clarissa; PRATSCHKE, Anja. Transdisciplinaridade e complexidade na arquitetura. In: **II Congresso Mundial de Transdisciplinaridade**. 2005.

RODRIGUES, D. S.; RAMOS, R. A. R.; MENDES, J. F. G. Campus quality of life information system: A case study applied to the University of Minho. 2009.

ROMCY, N. M. E. S.; ROMCY, N. M. E.; CARDOSO, D. R. A introdução da abordagem paramétrica no ensino de projeto arquitetônico: relato de uma experiência PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652271>>

RUSSELL, E. P. “Speaking of Annihilation”: Mobilizing for War Against Human and Insect Enemies, 1914-1945 *The Journal of American History*, 1996. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/2945309>

SACKS, Rafael; EASTMAN; Chuck, LEE, Ghang; TEICHOLZ, Paul. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.

SANDOVAL, J. R. et al. The genetic history of indigenous populations of the Peruvian and Bolivian Altiplano: the legacy of the Uros. *PloS one*, v. 8, n. 9, p. e73006, 11 set. 2013.

SARASIN, P. **Anthrax: Bioterror as Fact and Fantasy**. [s.l.] Harvard University Press, 2006.

SAXE, John G. **The blind men and the elephant**. Enrich Spot Limited, 2016.

SCHUMACHER, P. **Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design**. *Architectural Design*, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ad.912>>

SEID, M.; HARRIS, R. Globalization and Health in the New Millennium. **Perspectives on Global Development and Technology**, v. 3, n. 1, p. 1–46, 1 jan. 2004.

SCHUMACHER, Patrik. *The auto-poiesis of architecture, Volume I: A new framework for architecture*. John Wiley & Sons, 2011.

SEVTSUK, A.; MEKONNEN, M. Urban network analysis: A new toolbox for measuring city form in ArcGIS. . Em: PROCEEDINGS OF THE 2012 SYMPOSIUM ON SIMULATION FOR ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN. 26 mar. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/262248012_Urban_network_analysis_A_new_toolbox_for_measuring_city_form_in_ArcGIS>. Acesso em: 5 set. 2020

SILVA, André Luis da Costa da. Identificação e análise molecular de genes expressos no final do ciclo gonotrófico de *Aedes Aegypti*. Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11606/t.42.2011.tde-04082011-130802>>

SINAENCO. Os impactos da Norma de Desempenho no Setor da Arquitetura e Engenharia Consultiva. Sindicato da Arquitetura e da Engenharia, São Paulo, 2015.

Software para Design de Arquitetura. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/architecture-software>>. Acesso em: 1 ago. 2021.

SONTAG, S. **A doença como metáfora**. Rio de Janeiro: Graal Rio de Janeiro, 2002.

SONTAG, S. **Contra a interpretação: e outros ensaios**. São Paulo: Companhia das Letras, 2020.

SOUZA, Lucas Nunes. **Evolução recente e perspectivas para o setor da construção civil no Brasil: uma proposta de avaliação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/59070>

SOUSA, L. A. S. E.; SOUSA, L. A. S.; CENTENO, J. A. S. Modelagem Geométrica de Fachadas usando Nuvens de Pontos LiDAR. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14393/rbcv73n3-57808>>

SOUZA, R. C. F. DE. **A Place-Theoretical Framework for the Development of IT in Urban Spaces**. Tese de Doutorado. University of Sheffield, 2008.

SOUZA, Renato Cesar Ferreira de; OLIVEIRA, Veneza Berenice de; PEREIRA, Doralice Barros; COSTA, Heloisa Soares de Moura; CAIAFFA, Waleska Teixeira. Viver próximo à saúde em Belo Horizonte. **Cadernos Metr pole** [online]. 2016, v. 18, n. 36, pp. 326-344. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2236-9996.2016-3601>>

SOUZA, R. C. F. DE. Novas métricas para centralidades em projetos de mobilidade urbana. **Singeurb 2017-Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana**, 2018.

SOUZA, R. C. F. DE; MALARD, M. L. Ubicomp, urban space and landscape. Em: (ORG.), S. H. C. A. B. W. P. D. W. (Ed.). **ECO-Architecture III: harmonization between architecture and nature**. Wessex: Wessex Institute of Technology - WIT PRESS, 2010. p. 459–469.

TEIXEIRA, J.; DE PÁDUA CARRIERI, A.; PEIXOTO, T. C. O cotidiano da cidade de Belo Horizonte na revista veja BH: A classe média alta, a cidade poderosa e os dilemas do planejado versus o vivido. **Revista Gestão e Conexões**, v. 4, n. 2, p. 7–40, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.13071/regec.2317-5087.2014.4.2.10535.7-40>.

TEMKIN, O. **An Historical Analysis of the Concept of Infection**. London: J. Hopkins Press, 1953.

TERRAGES. Disponível em: <<https://www.terrages.pt/directory/124/1>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

THE POPPERIAN PODCAST. Disponível em: <<https://popperian-podcast.libsyn.com/the-popperian-podcast-2-matteo-collodel-karl-popper-vs-paul-feyerabend>>. Acesso em: 25 jun. 2022.

THE URBANIZATION OF COVID-19. Entrevistados: Creighton Connolly, Harris Ali e Roger Keil. Entrevistadores: Ross Beveridge e Markus Kip. **Urban Political**, 14 mar 2020. Podcast. Disponível em: <https://urbanpolitical.podigee.io/16-covid19>. Acesso em: 4 set 2020.

TONDELO, P. G.; BARTH, F. Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com VANTPARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652817>>

TONETTO, Leandro Miletto et al. O papel das heurísticas no julgamento e na tomada de decisão sob incerteza. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, v. 23, p. 181-189, 2006.

TUKEY, John W. The teaching of concrete mathematics. **The American Mathematical Monthly**, v. 65, n. 1, p. 1-9, 1958.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects Revision**. [s.l.] {Department of Economic and Social Affairs, Population Division}, 2009.

VALENTE, José Armando (org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: Unicamp/NIED, v. 6, 1999.

VAN DEURSEN, F. **Antes do carro, o caos das grandes cidades era o cavalo**. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/blog/contaoutra/antes-do-carro-o-caos-das-grandes-cidades-era-o-cavalo/>>. Acesso em: 4 ago. 2021.

VON NEUMANN, J. Method in the physical sciences. **Collected works on cardiovascular disease**, v. 6, p. 491–498, 1955.

WESTERLUND 2. Disponível em: <<http://hubblesite.org/contents/media/images/3861-Image>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

WEINDLING, P. A virulent strain: German bacteriology as scientific racism, 1890–1920. *Race, science and medicine*, p. 1700–1960, 1999.

WEST, D. **Introduction to Graph Theory**. [s.l.] Prentice Hall, 2017.

WHEELER, J. A. **Information, Physics, Quantum: The Search for Links**. [s.l.: s.n.].

WIEDEMANN, H. **Particle Accelerator Physics**. [s.l.] Springer, 2015.

WILDEN, A. **System and Structure: Essays in Communication and Exchange**. [s.l.] Psychology Press, 2001.

WILSON, R. J. **Introduction to Graph Theory (4th Edition)**. 4. ed. [s.l.] Addison Wesley, 2 maio 1996.

WINOGRAD, Terry; FLORES, Fernando. **Understanding computers and cognition: A new foundation for design**. Intellect Books, 1986.

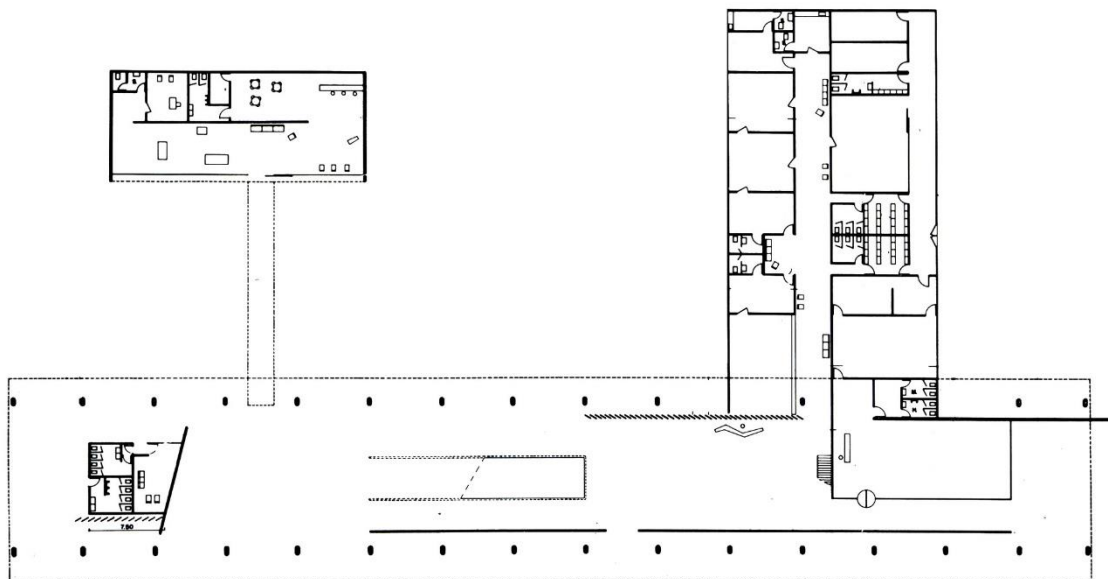
WIRTH, L. **El urbanismo como modo de vida. bifurcaciones**, v. 2, p. 1–15, 2005.

YEE, R. **Architectural Drawing: A Visual Compendium of Types and Methods**. London: John Wiley & Sons, 2012.

ZERÓN, A. Pandemia e infodemia. **Revista de la Asociación Dental Mexicana**, 2020.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.35366/95110>

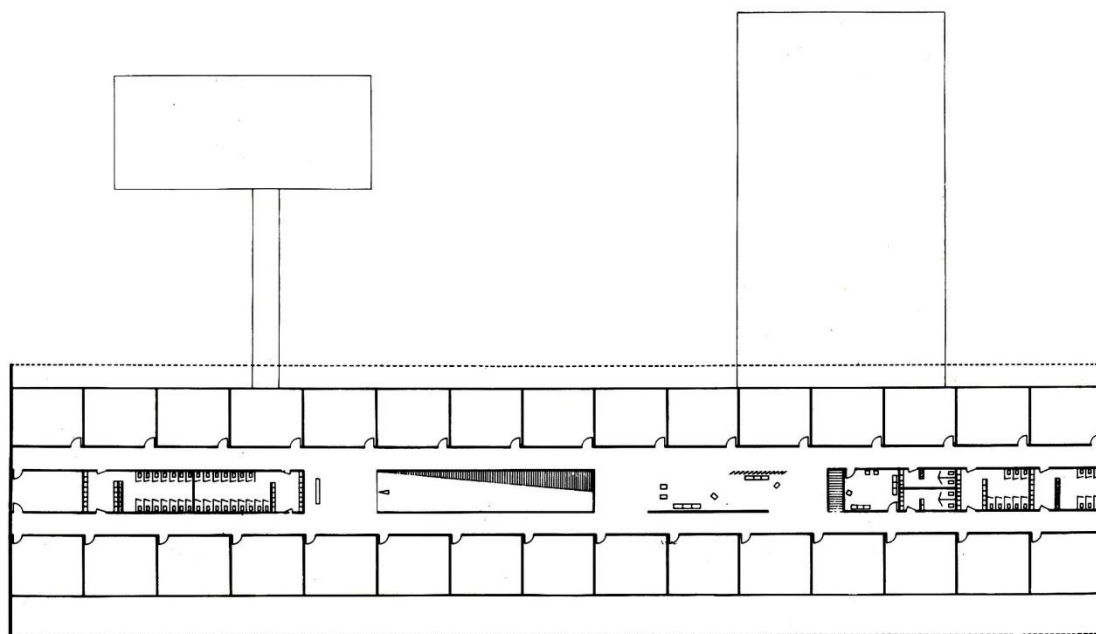
ANEXO A – Material Gráfico sobre o colégio Governador Milton Campos

Figura 71: Planta Pavimento inferior do colégio Governador Milton Campos.



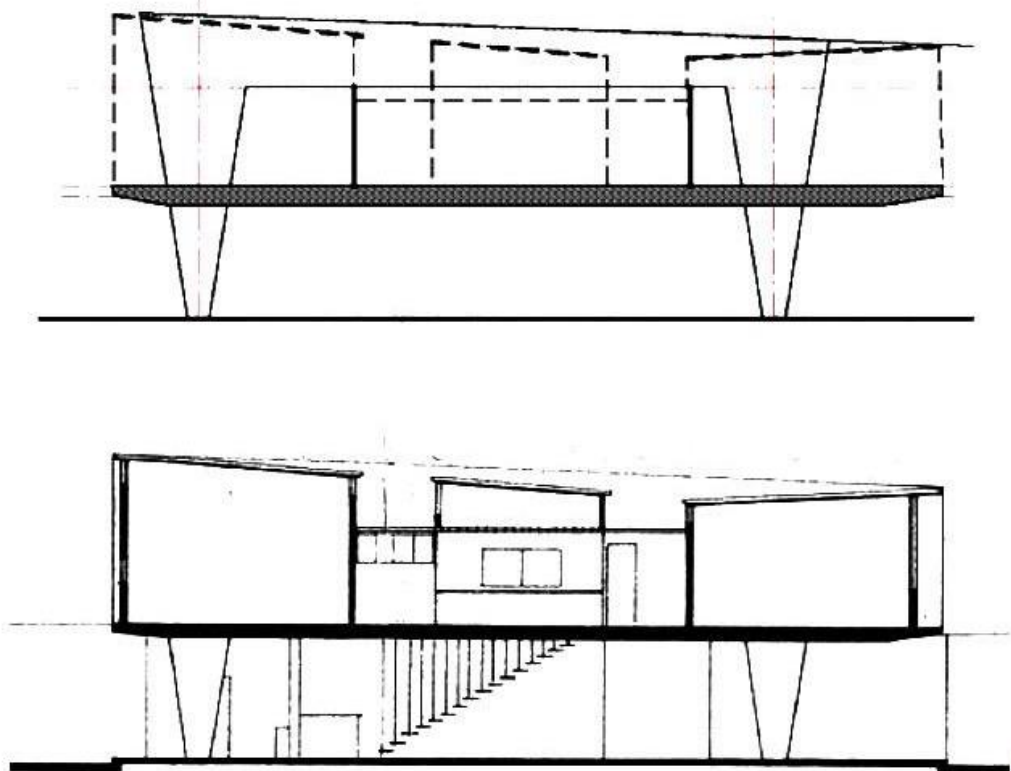
Fonte: Migliani (2014).

Figura 72: Planta Pavimento superior do colégio Governador Milton Campos.



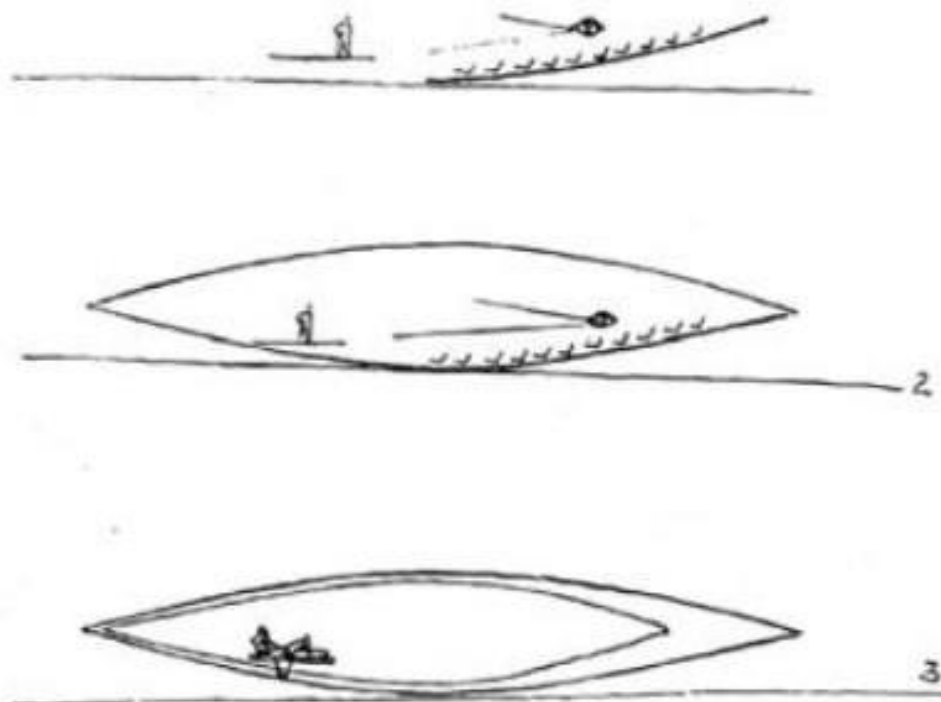
Fonte: Migliani (2014).

Figura 73: Cortes do Colégio Governador Milton Campos.



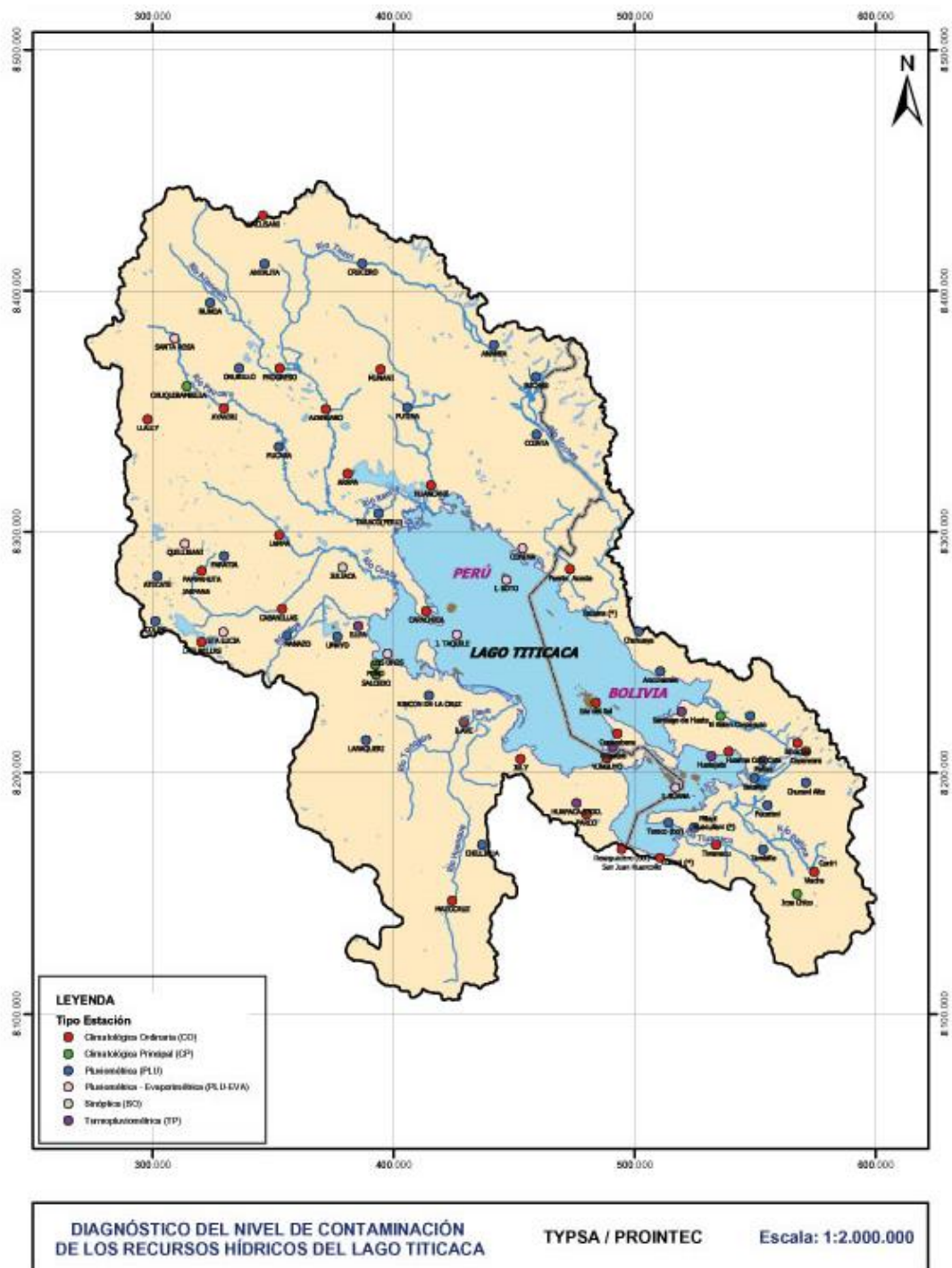
Fonte: Migliani (2014).

Figura 74: Croquis do auditório do colégio Governador Milton Campos.



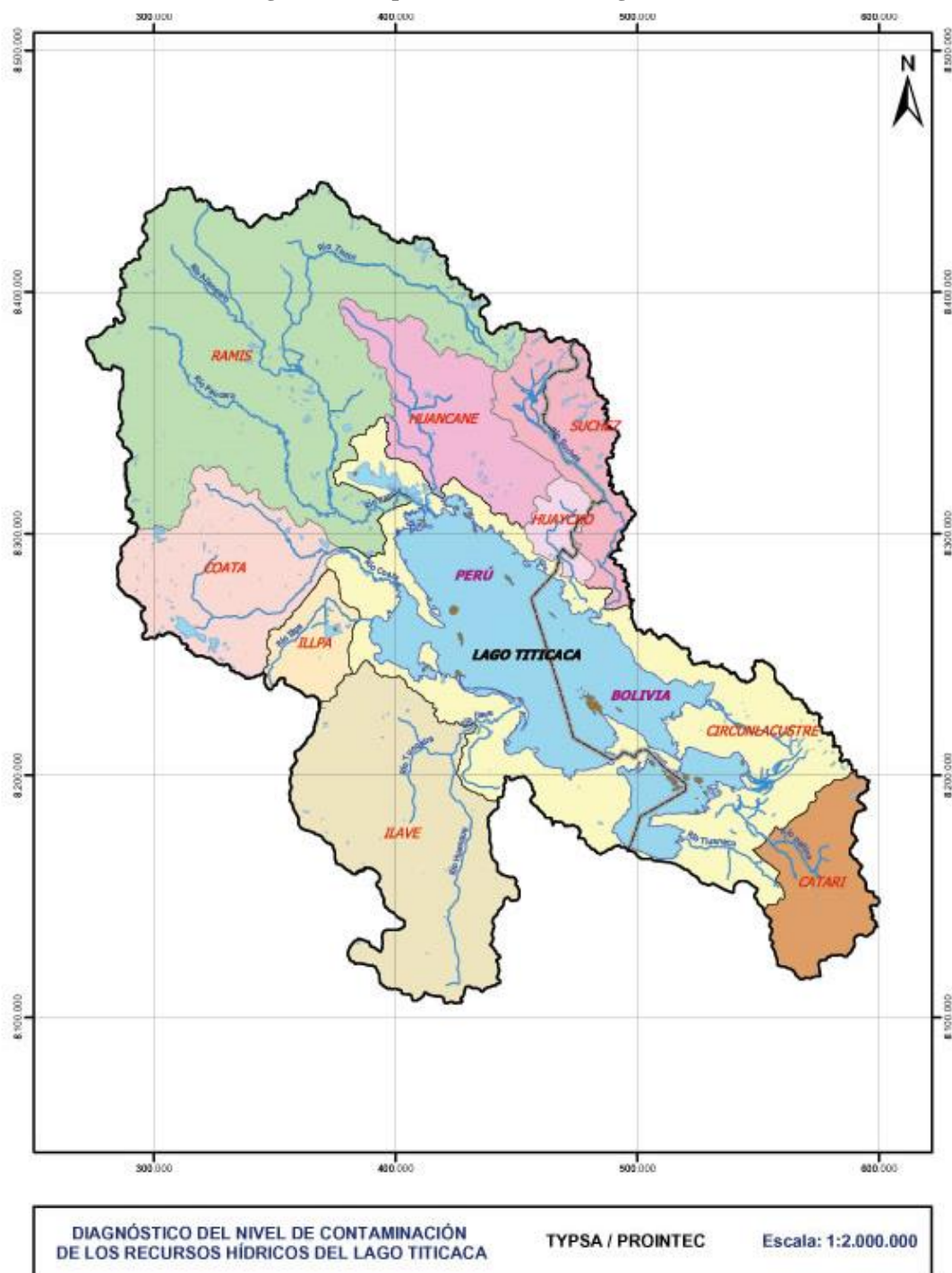
Fonte: Migliani (2014).

Figura 76: Mapa das estações meteorológicas.



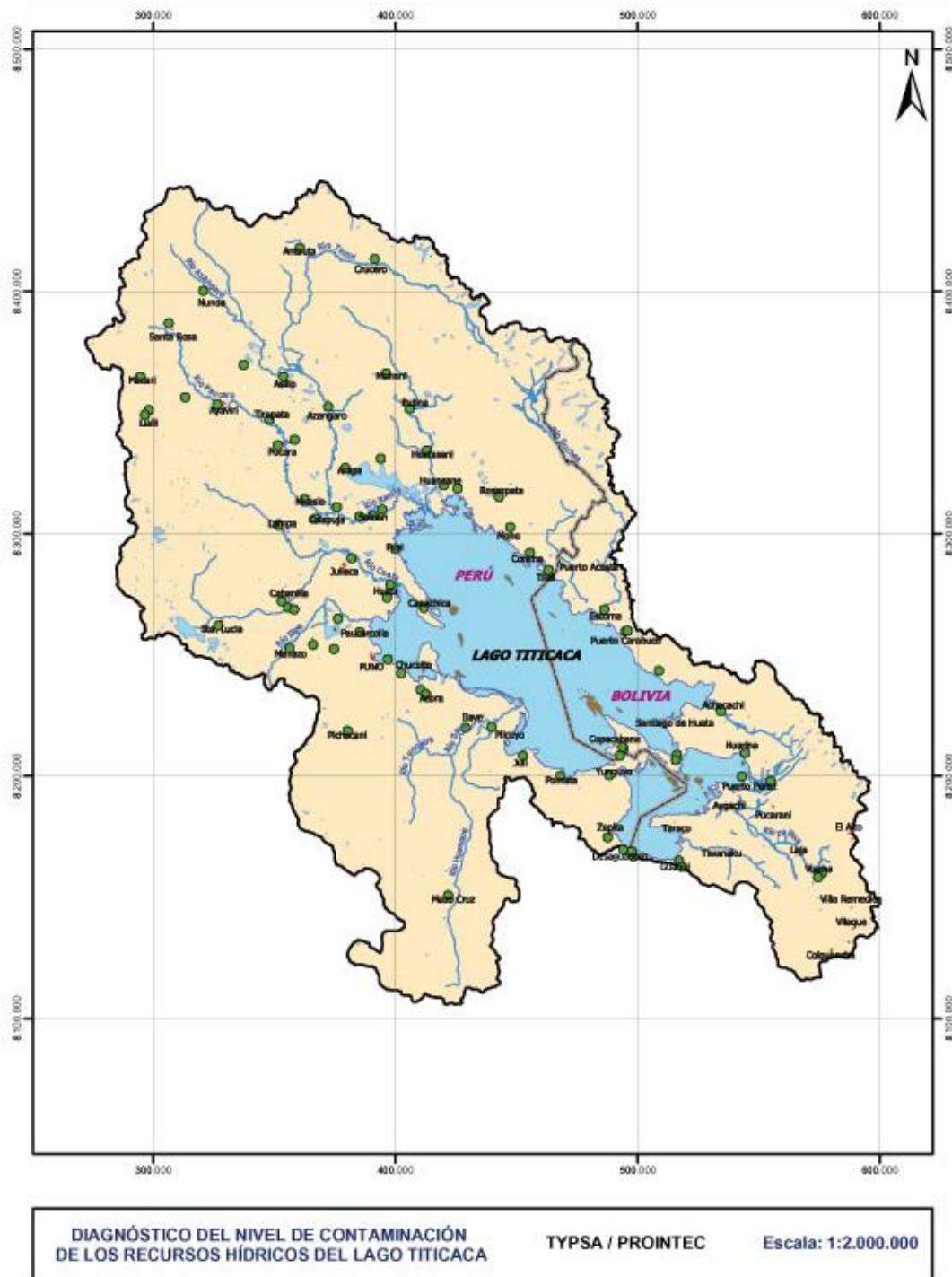
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 77: Mapa das unidades hidrográficas.



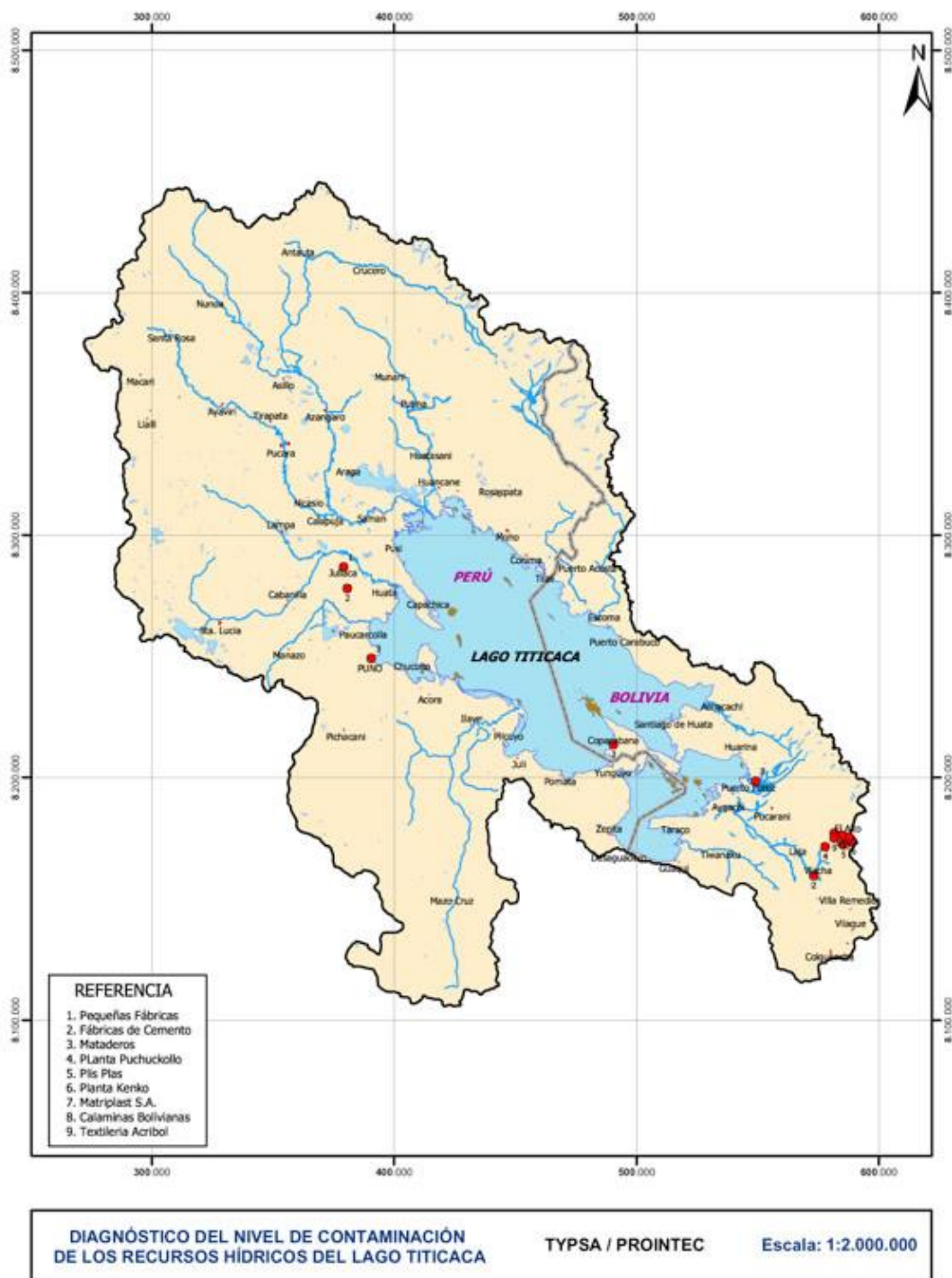
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 78: Mapa da localização dos pontos de captação de água.



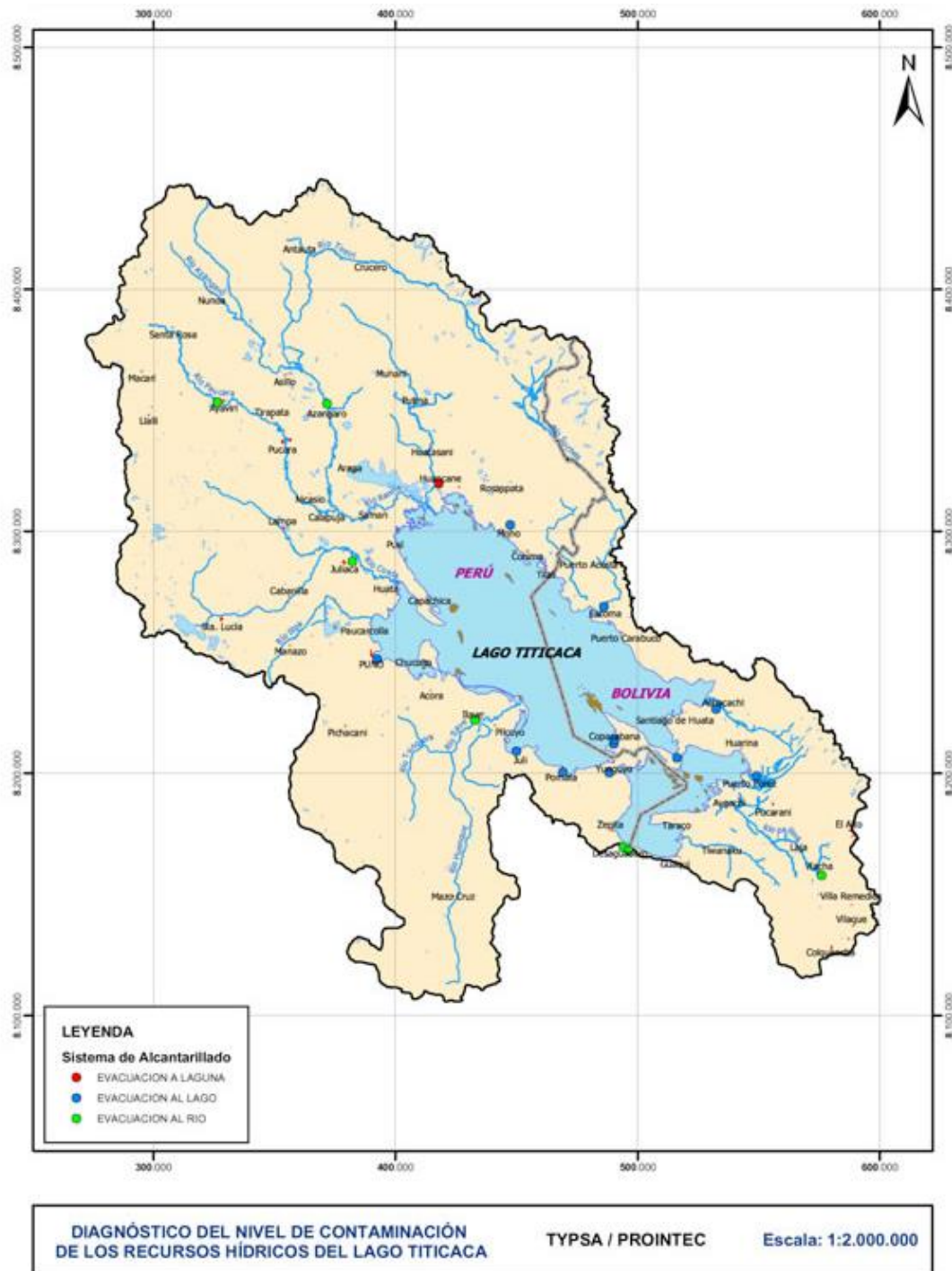
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 79: Mapa das indústrias contaminantes.



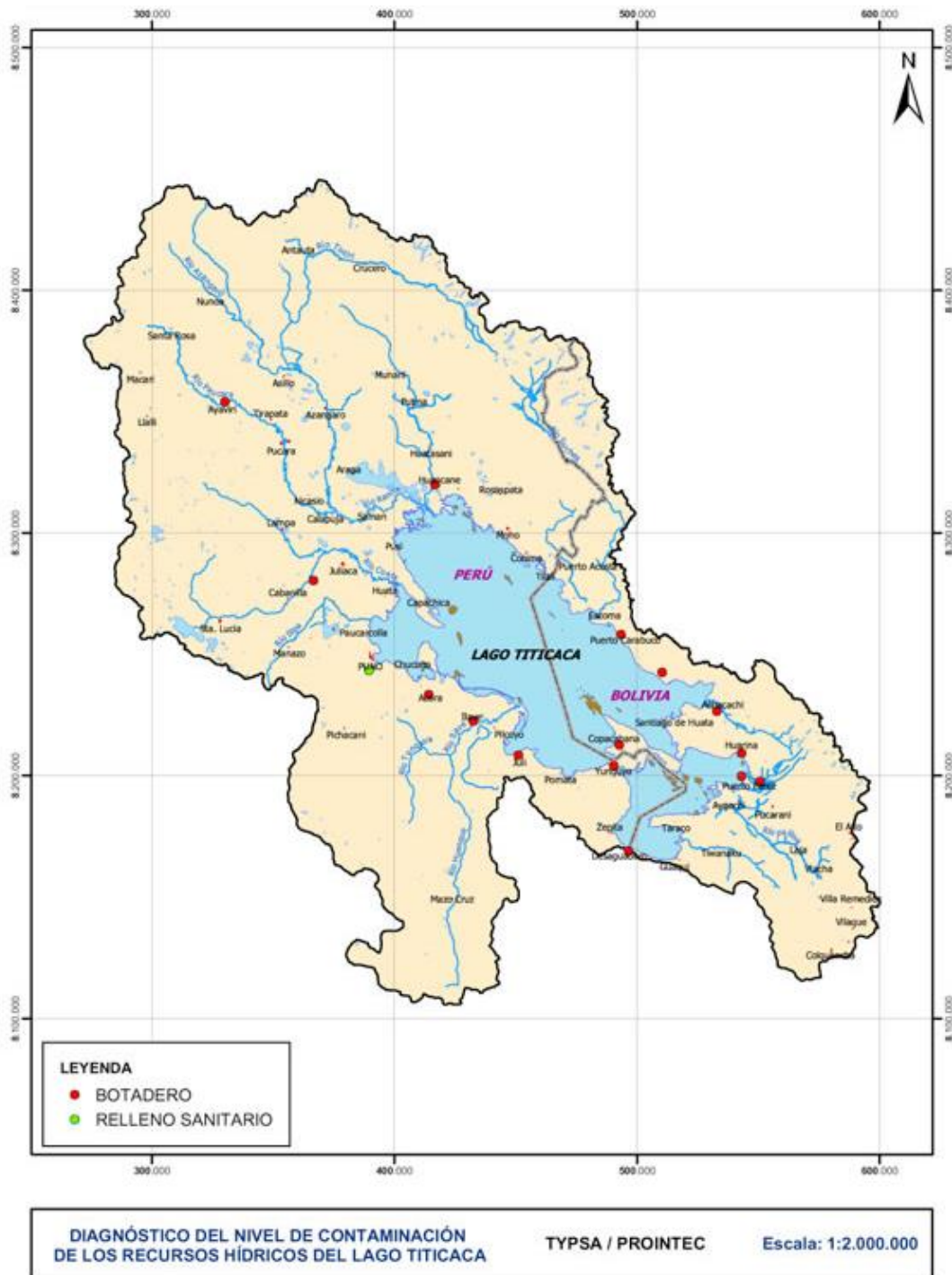
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 80: Mapa dos sistemas de esgoto.



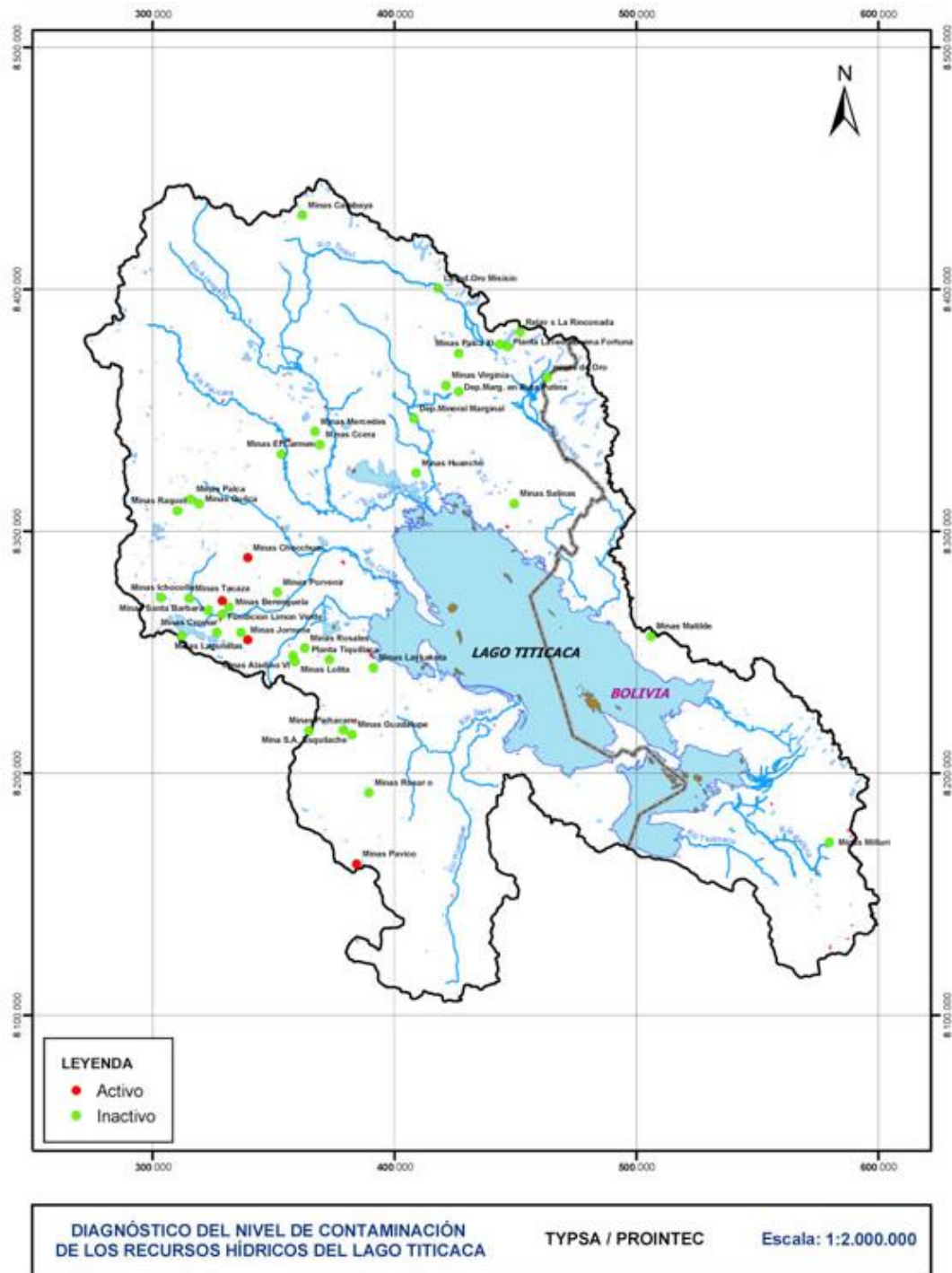
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 81: Mapa dos aterros sanitários de resíduos.



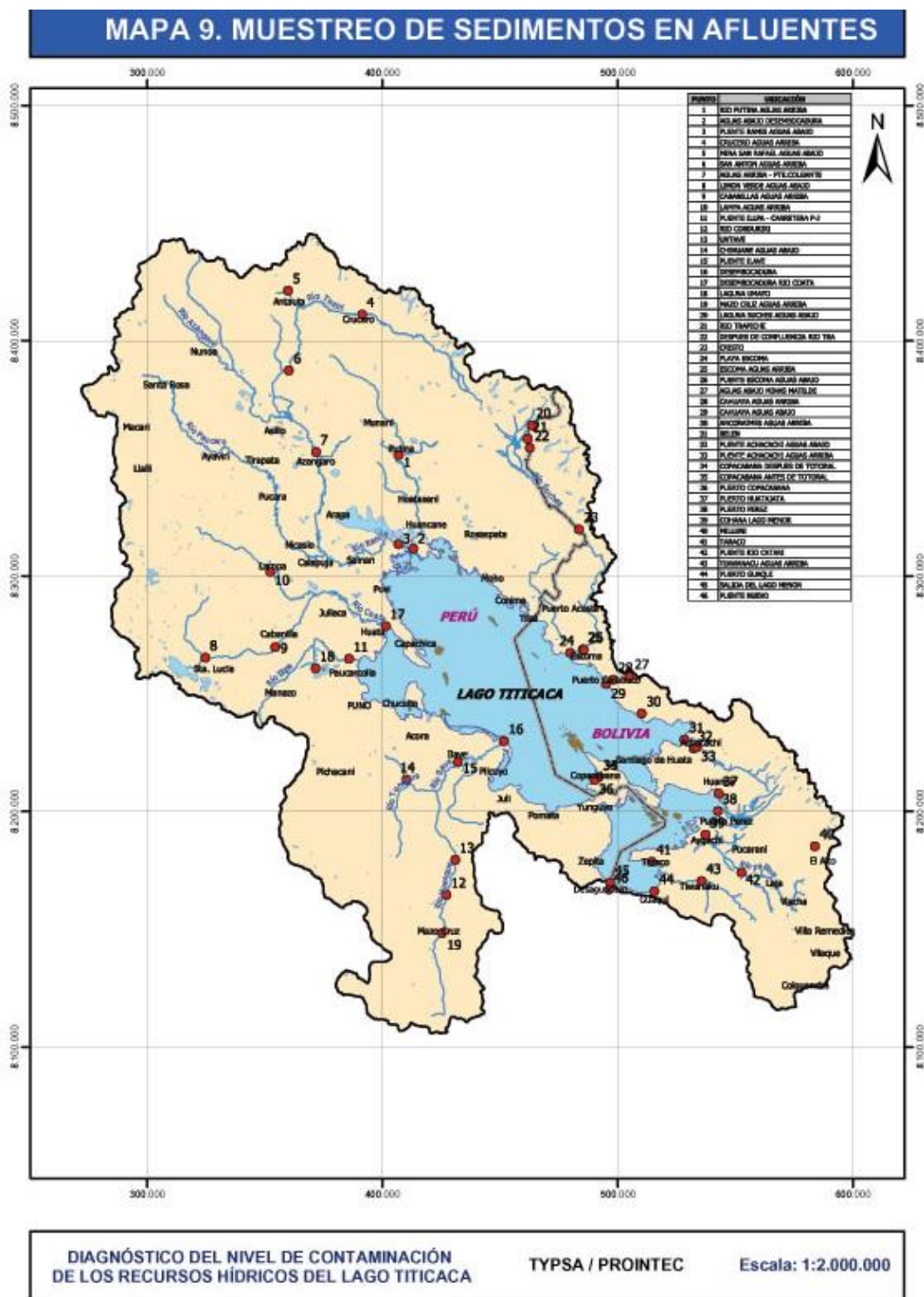
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 82: Mapa de localização de Minas na região.



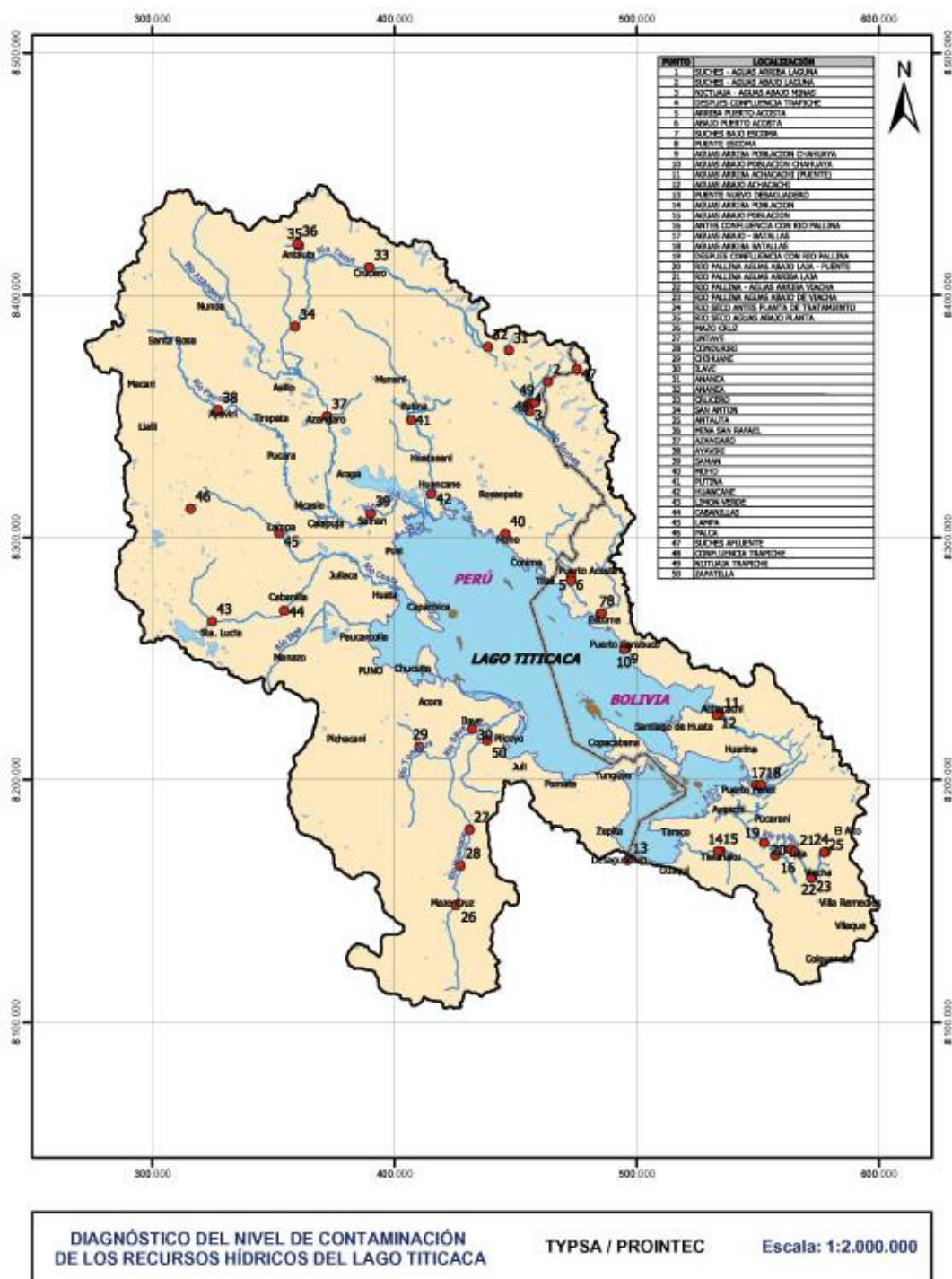
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 83: Mapa das amostragens de sedimentos nos afluentes.



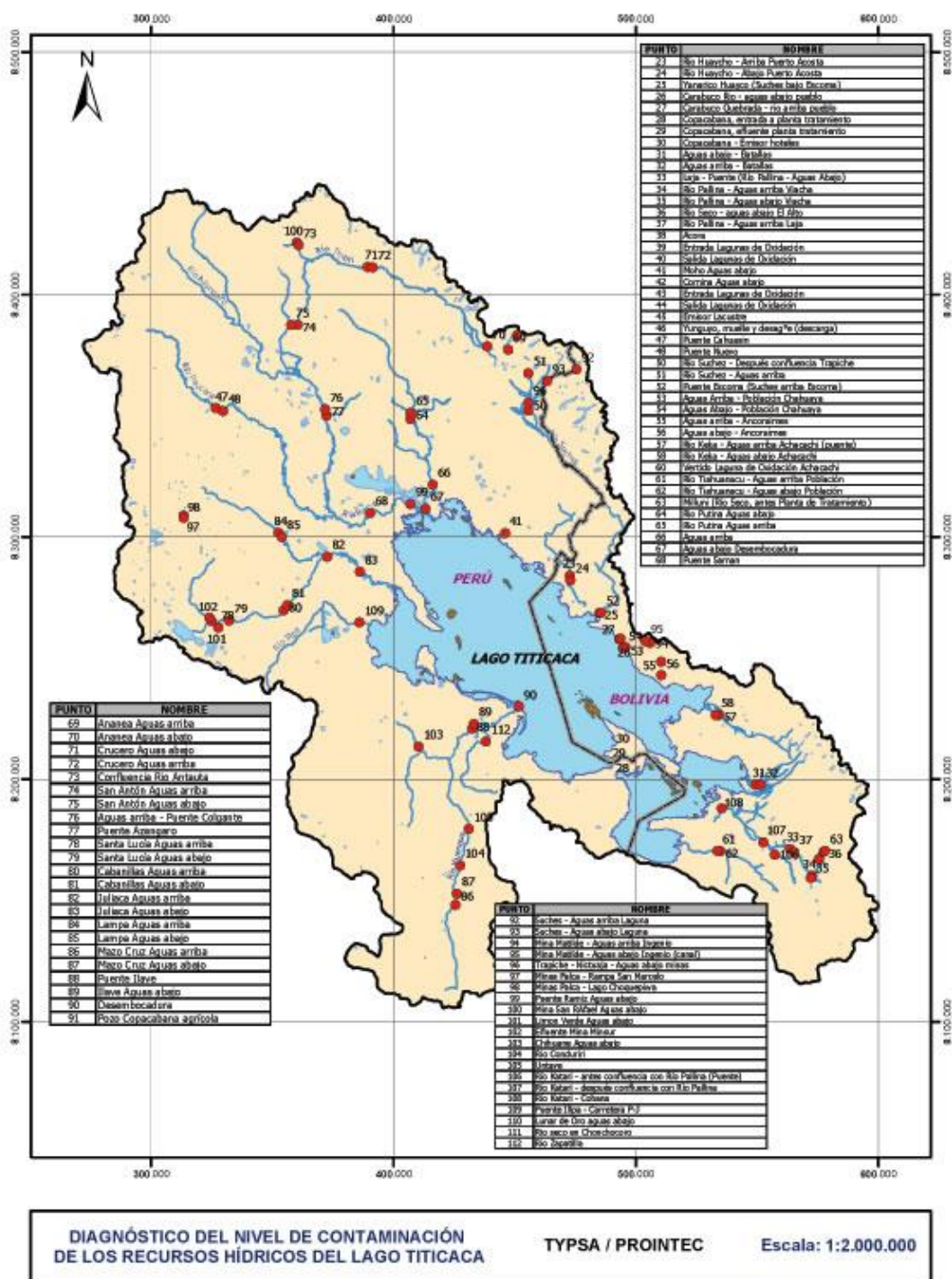
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 84: Mapa de localización de medidores en afluentes.



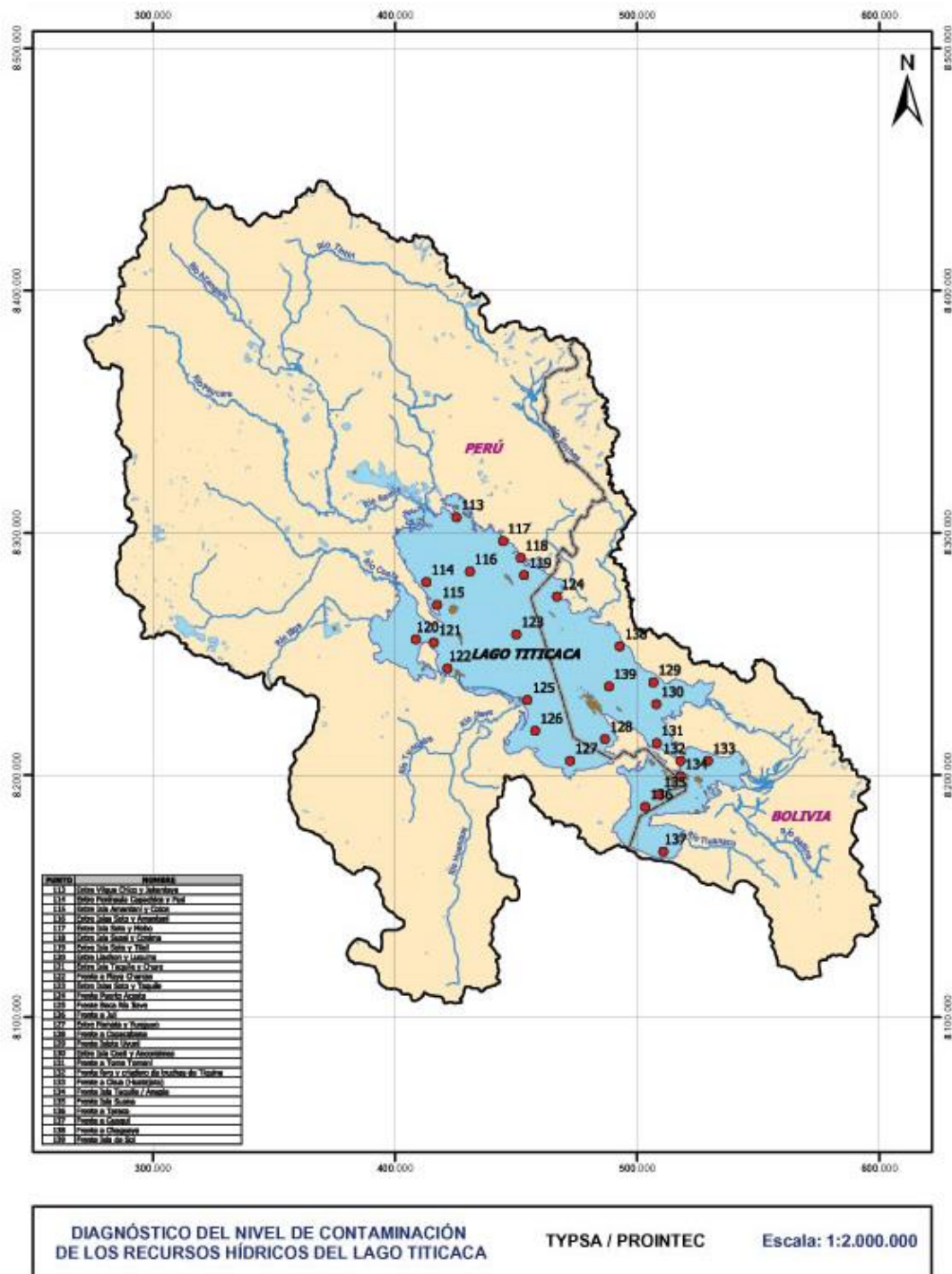
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

[Figura 85: Mapa das estações de controle dos afluentes.



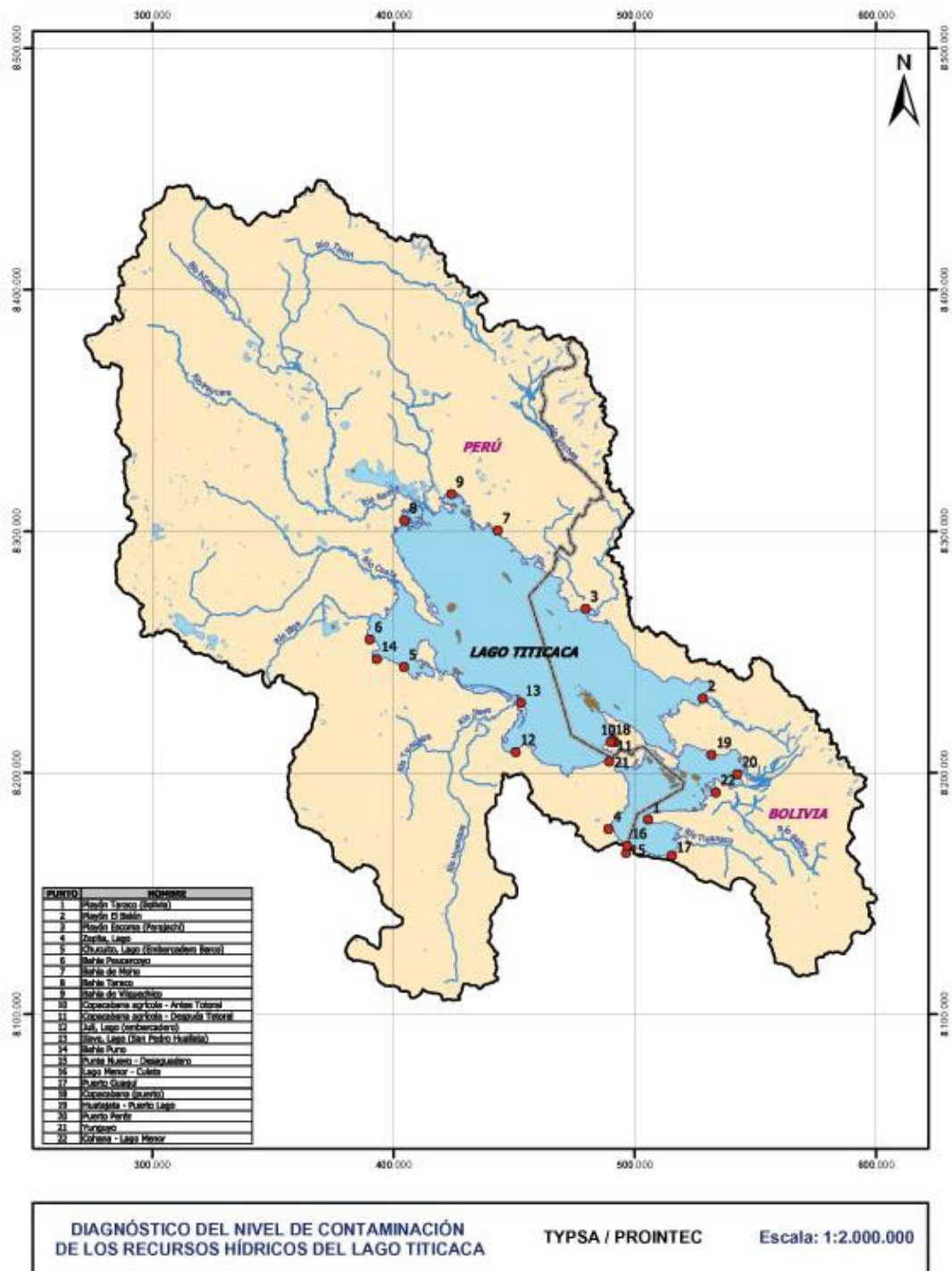
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 86: Mapa das estações de controle no lago (navios de cruzeiro).



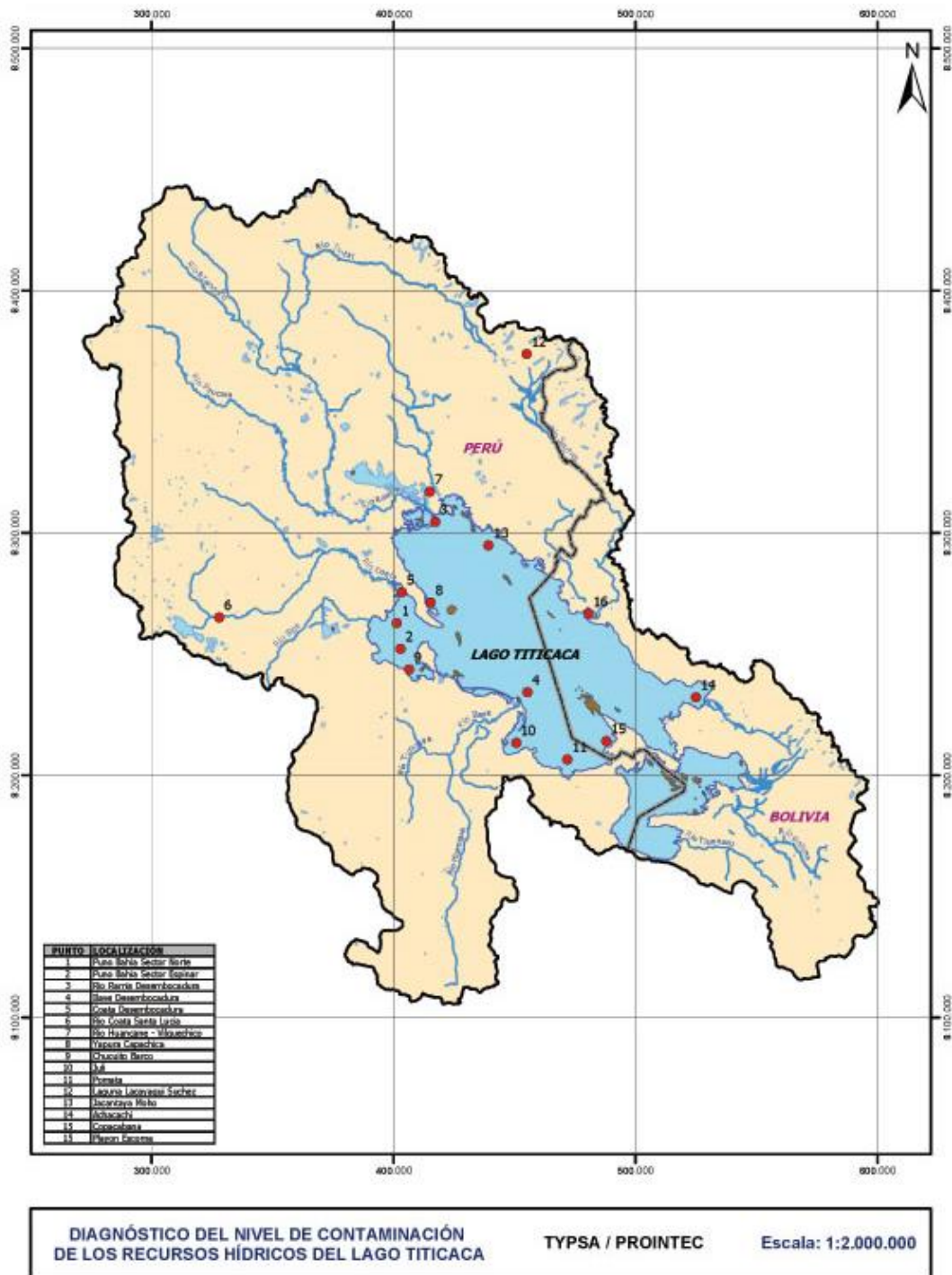
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 87: Mapa das estações de controle no lago (E. Luz).



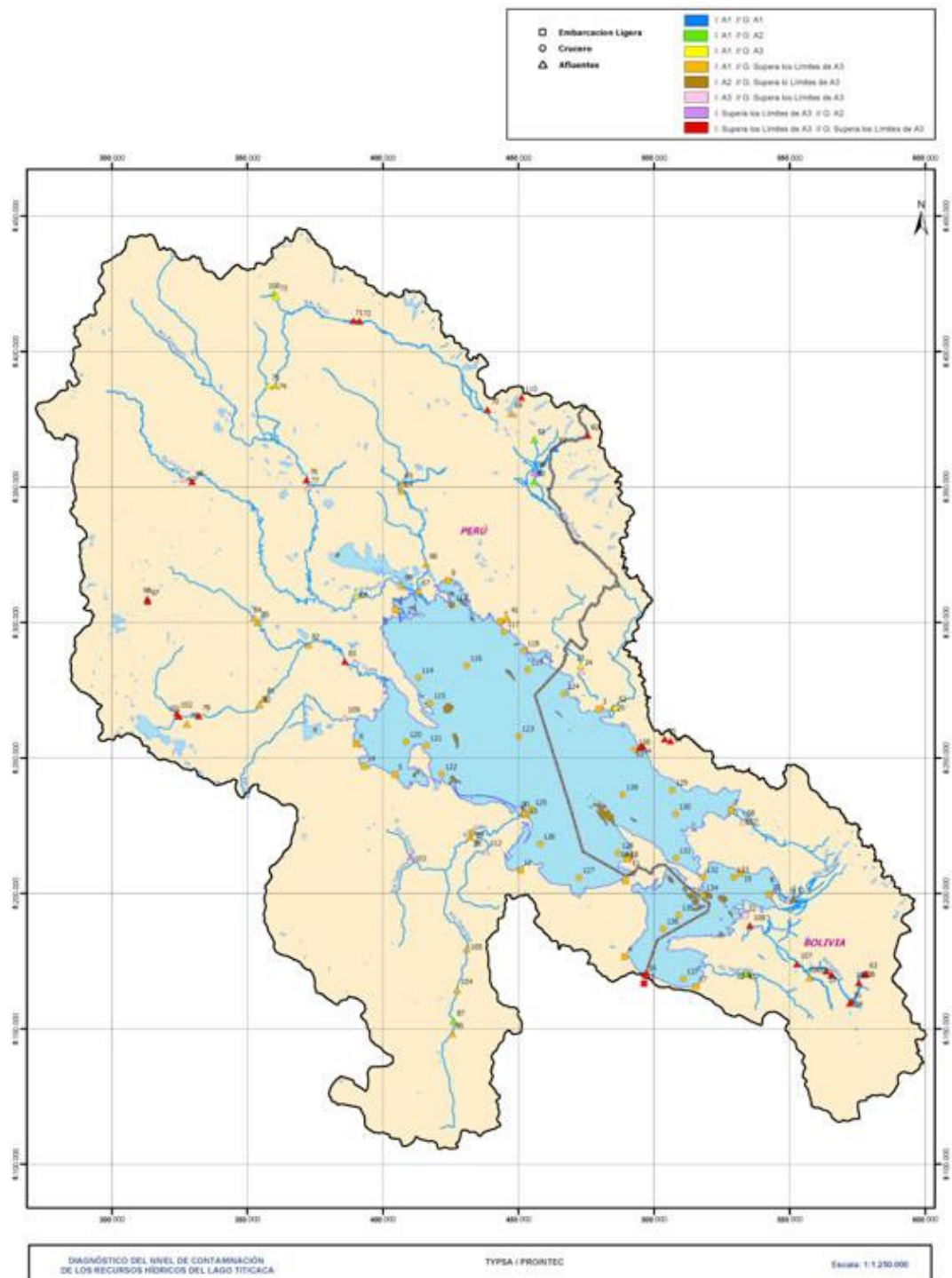
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 88: Mapa de localização do maior volume de peixes no lago.



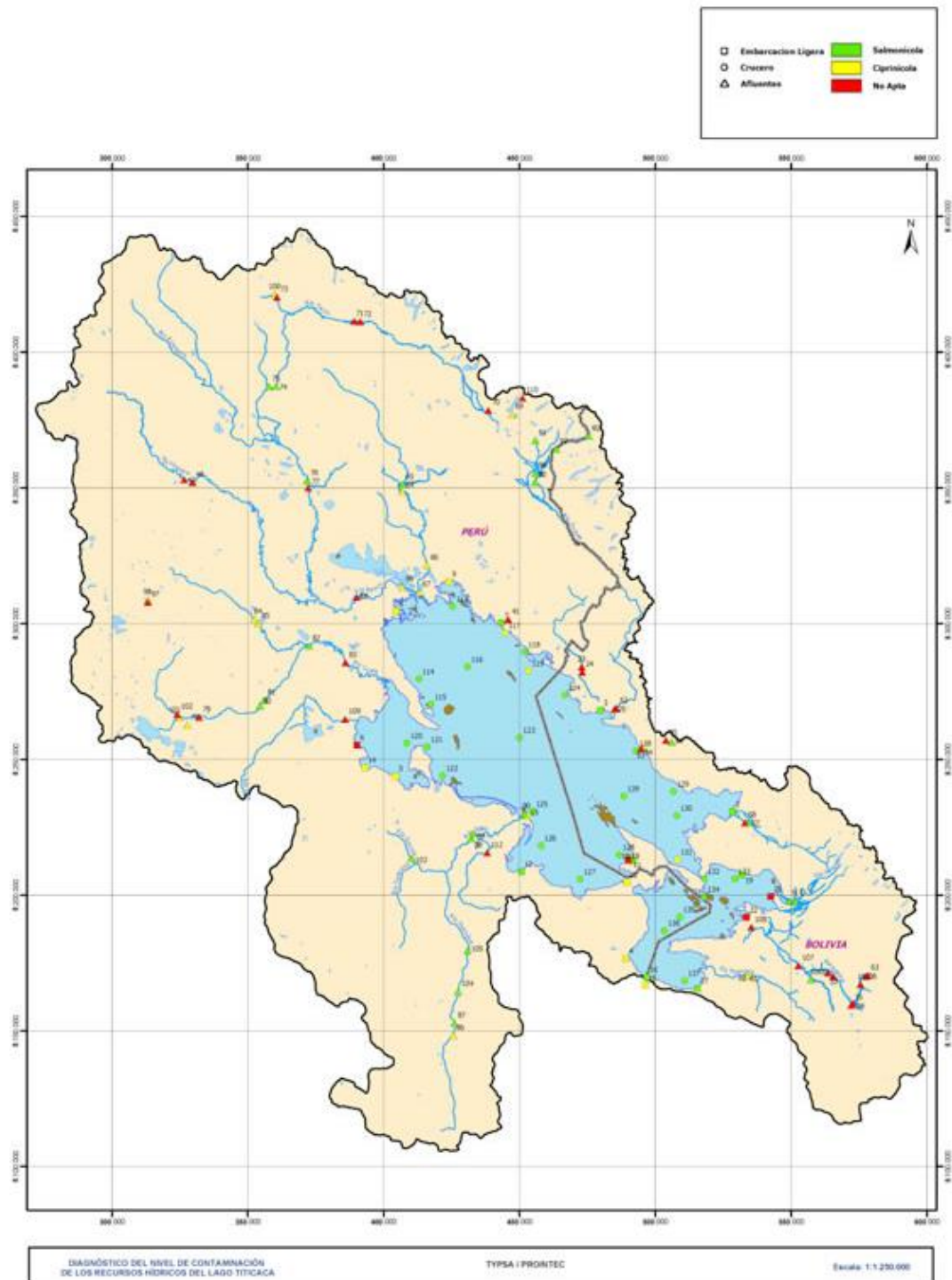
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 89: Mapa de cumplimiento dos objetivos de qualidade para usos.



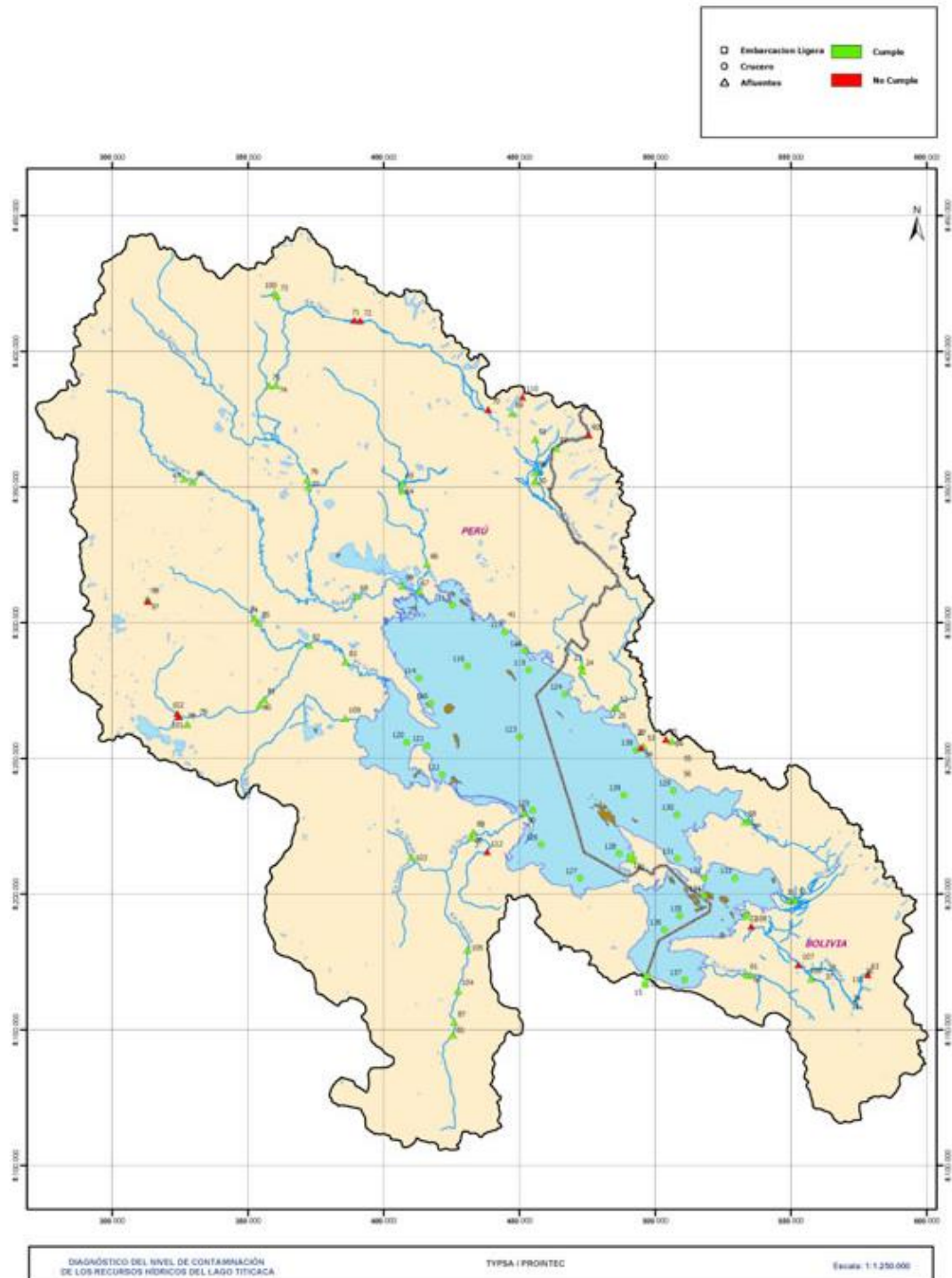
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 90: Mapa de cumplimiento de objetivos de calidad para utilizaciones (piscicultura).



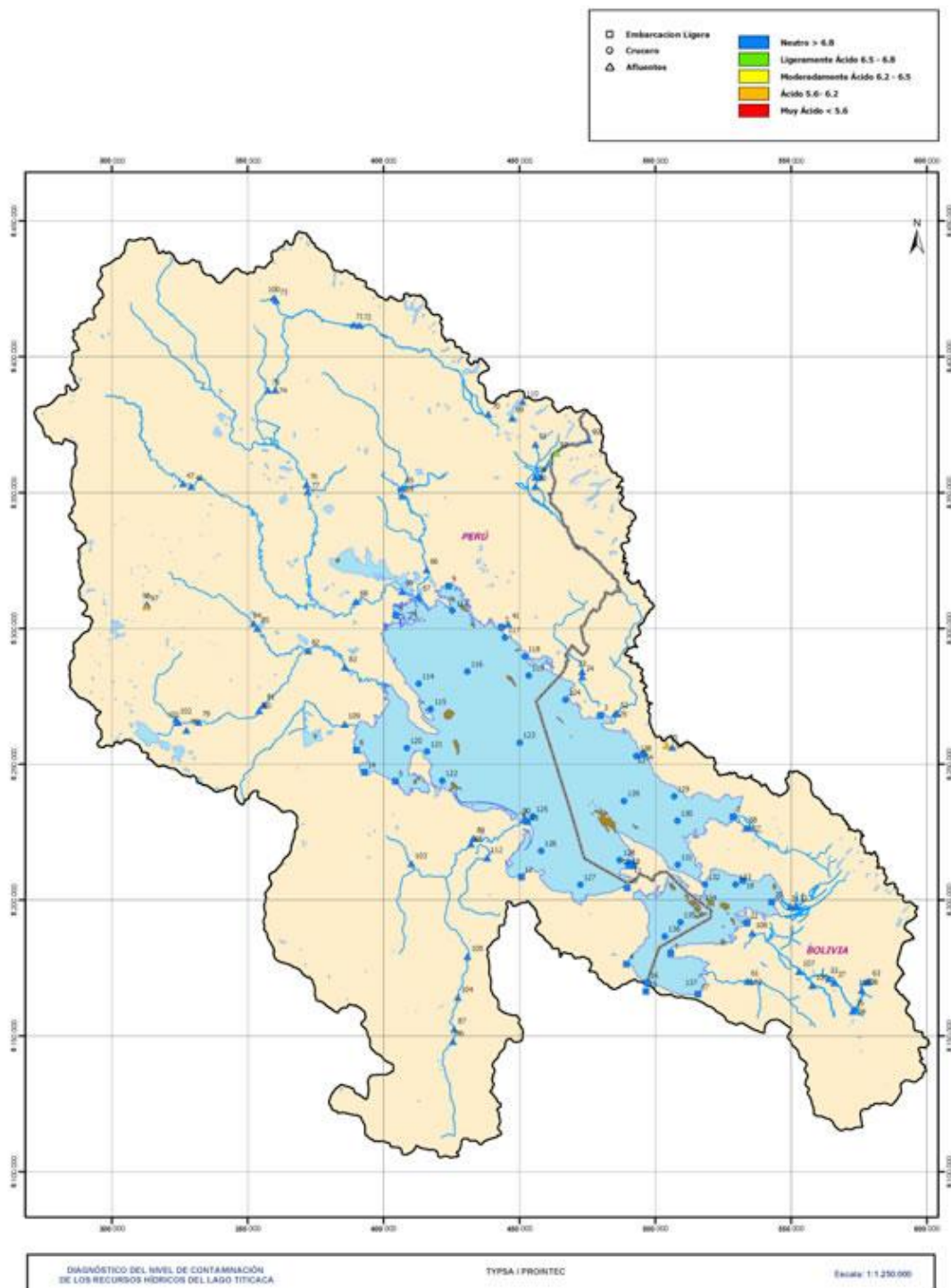
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 91: Mapa de cumplimiento de los objetivos de calidad para usos (sustancias peligrosas).



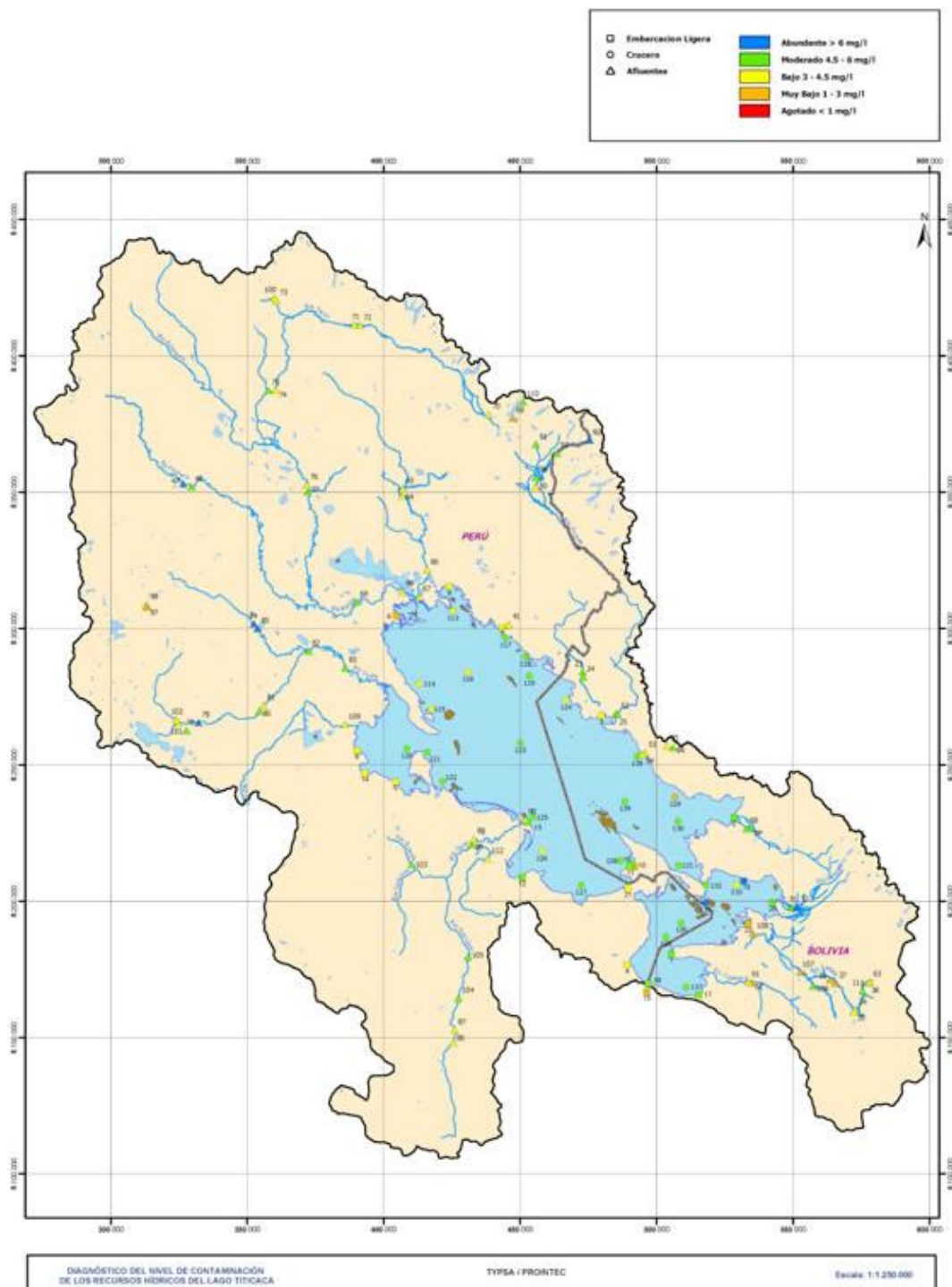
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 92: Mapa da evolução da qualidade das águas (PH).



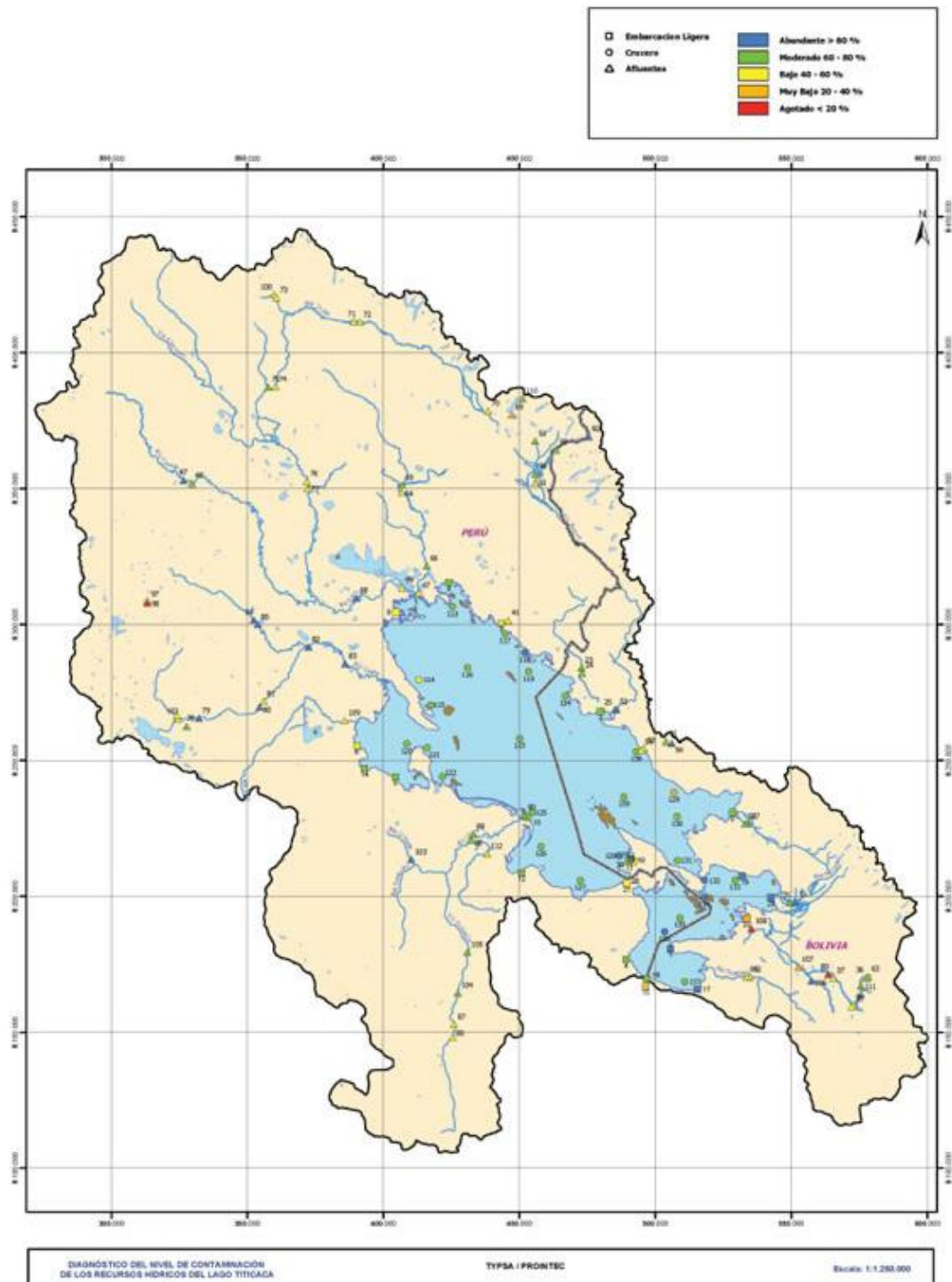
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 93: Mapa da evolução da qualidade das águas (oxigênio dissolvido).



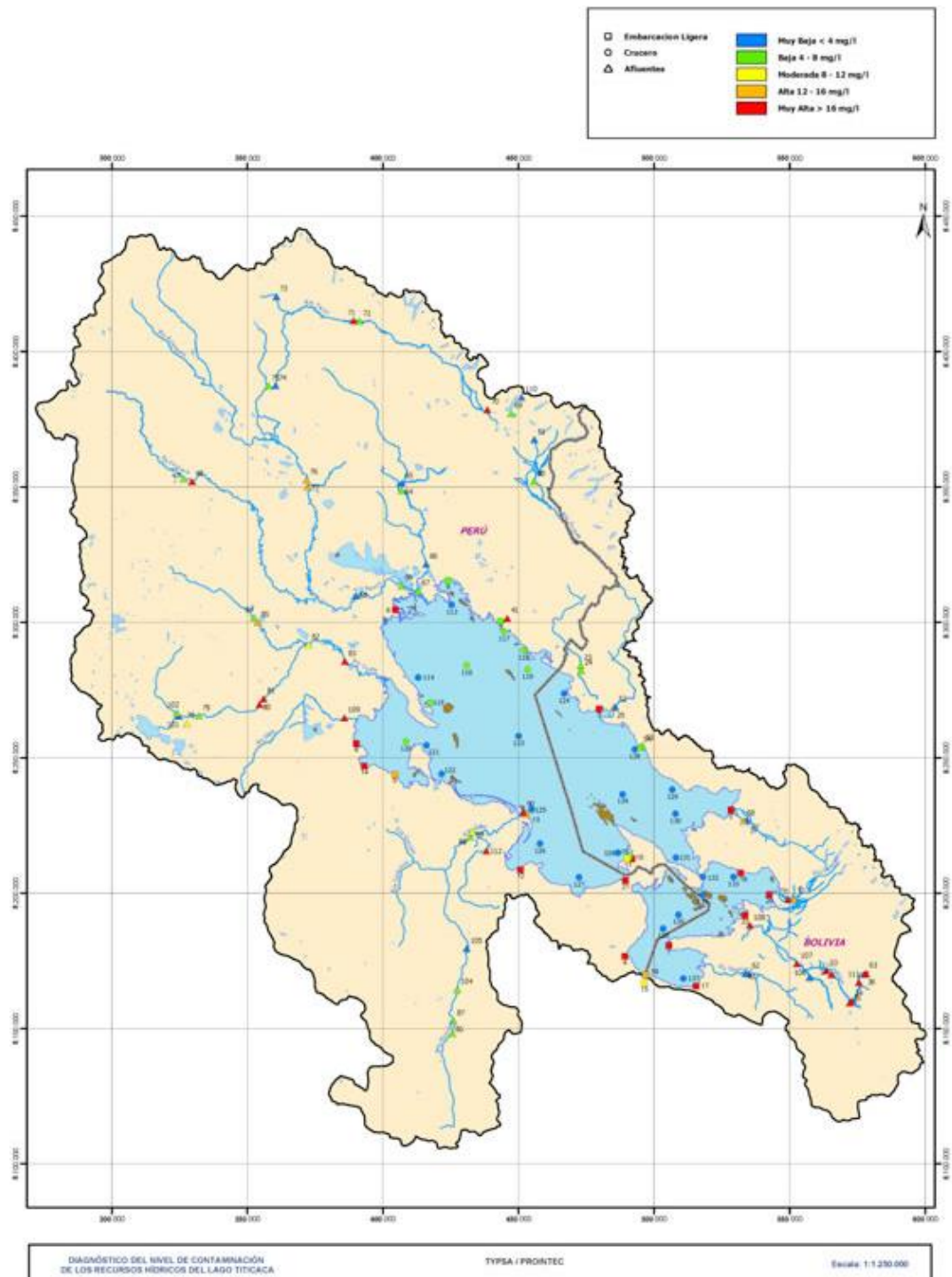
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 94: Mapa da evolução da qualidade das águas (% de saturação do oxigênio).



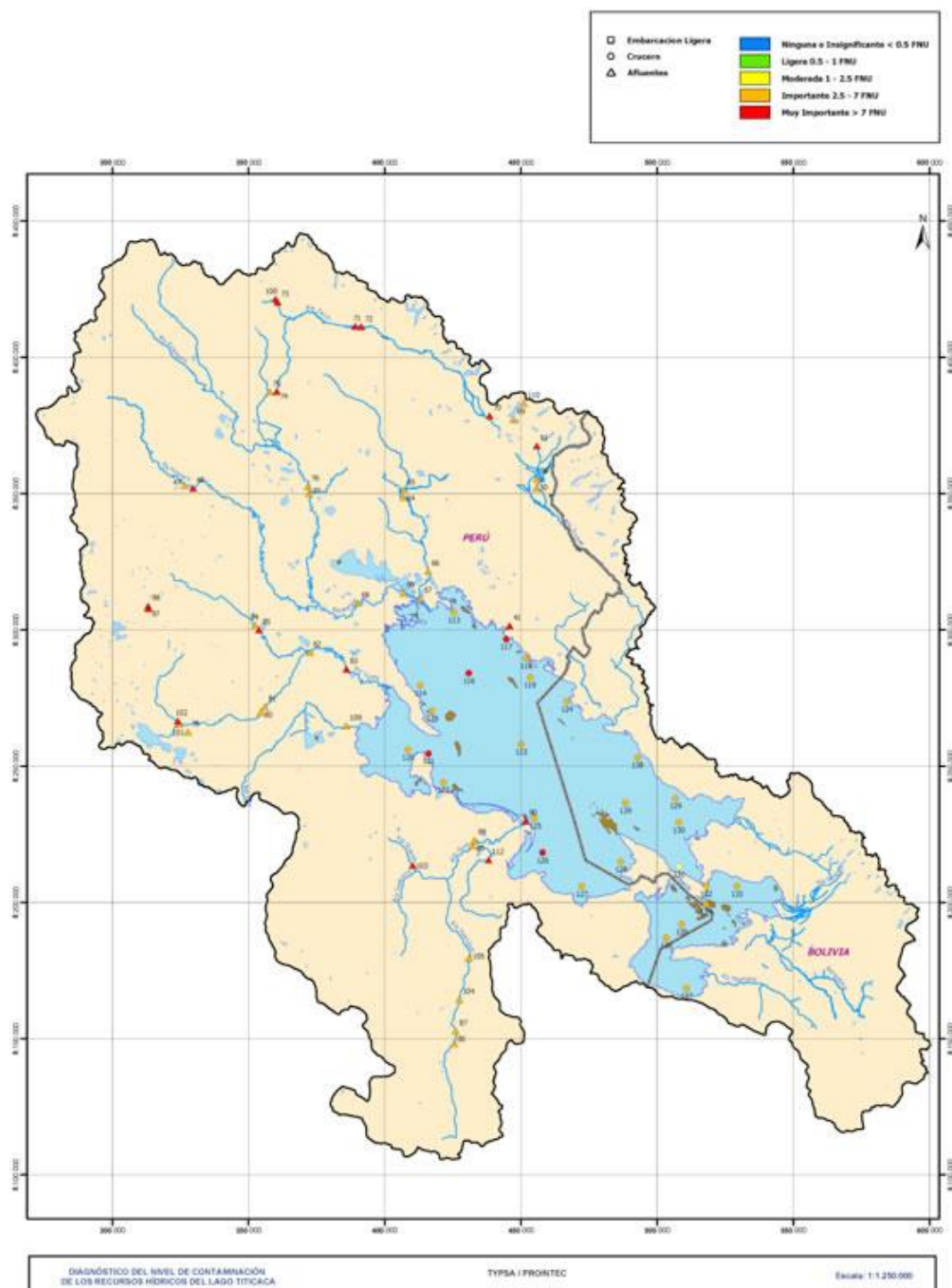
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 95: Mapa de evolución da qualidade das águas (demanda química de oxigênio).



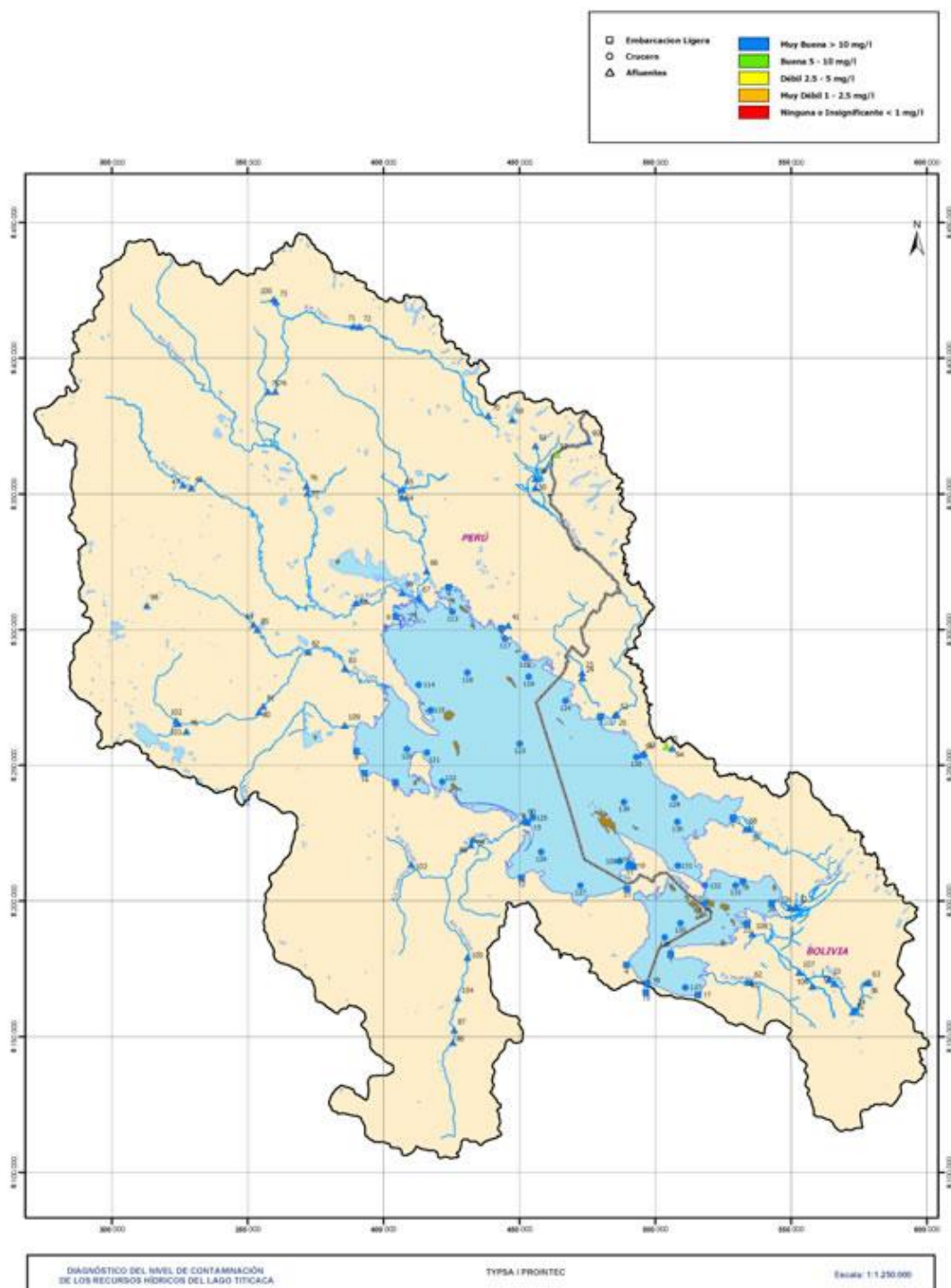
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 96: Mapa de evolução da qualidade das águas (turbidez).



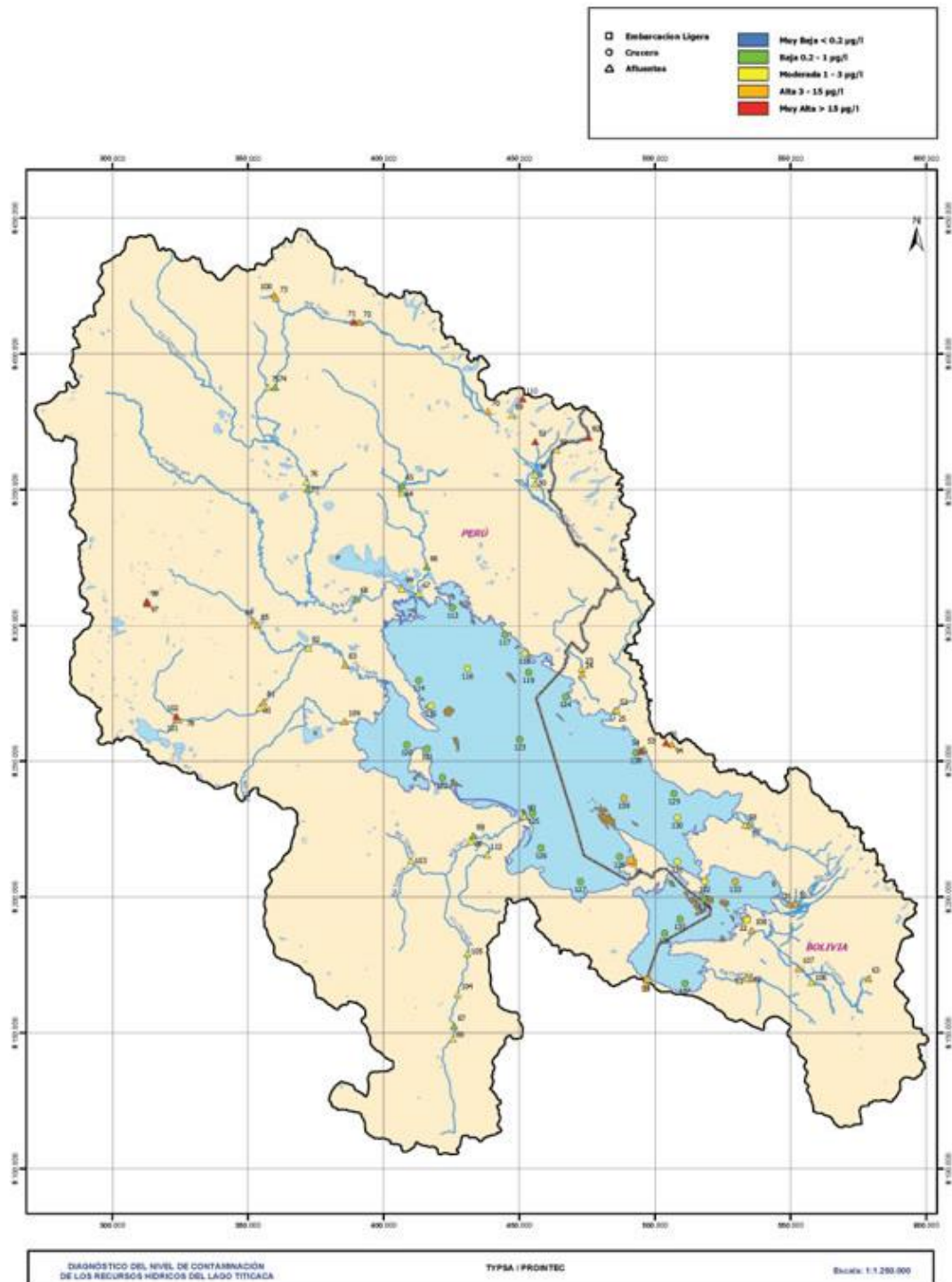
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 97: Mapa de evolución de la calidad de las aguas (alcalinidad).



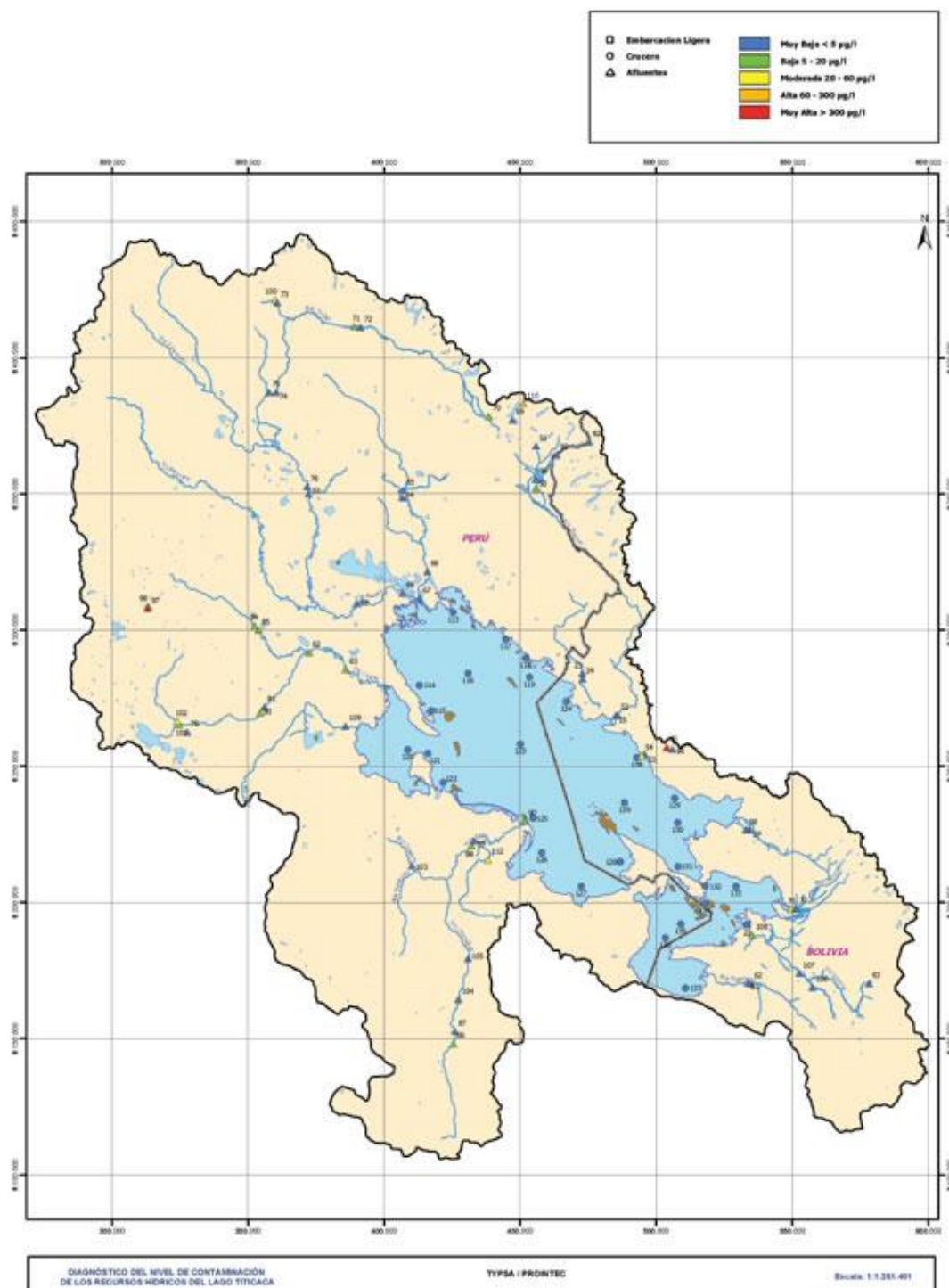
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 98: Mapa de evolución da qualidade das águas (chumbo).



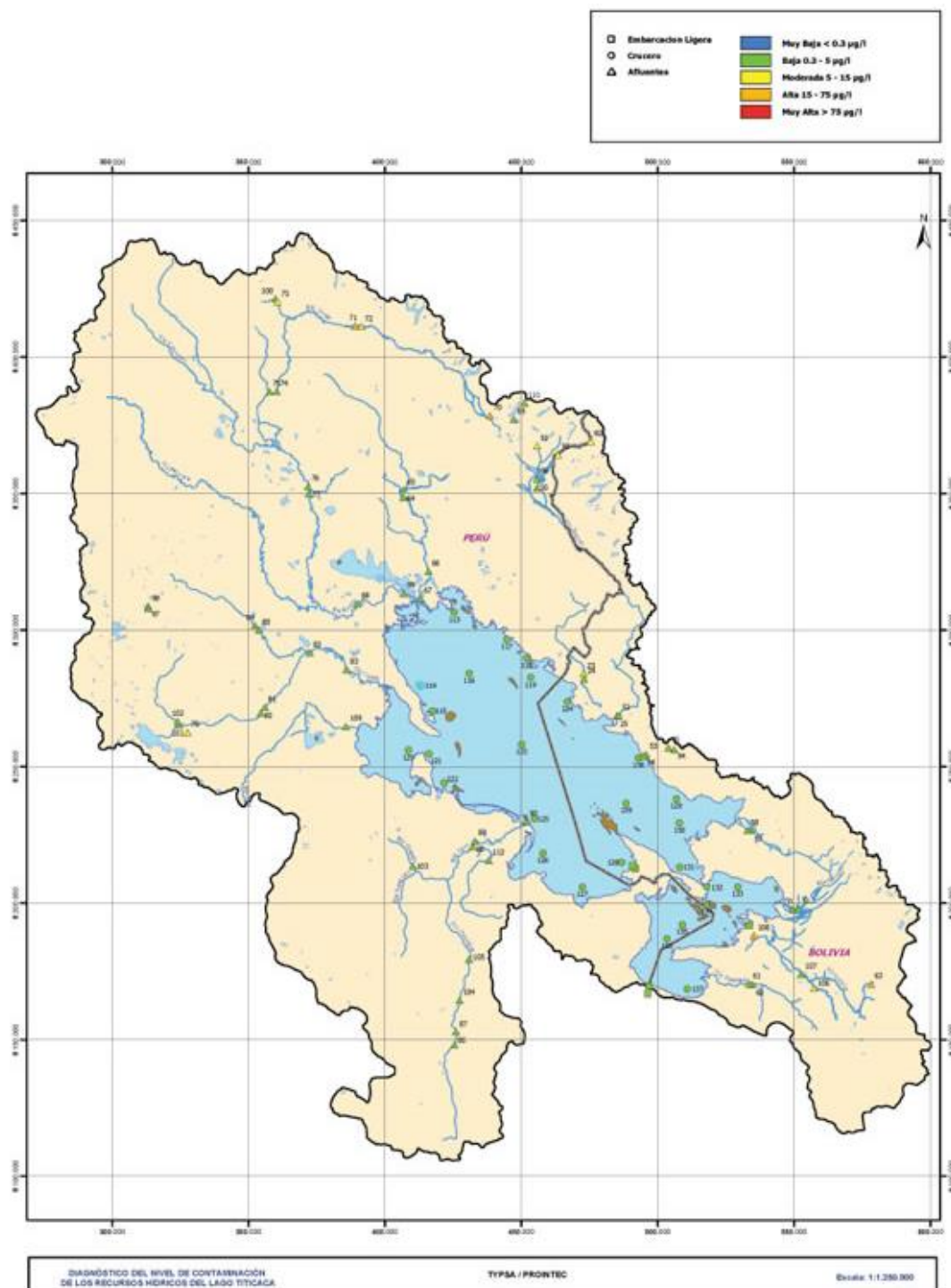
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 99: Mapa de evolución de la calidad de las aguas (zinc).



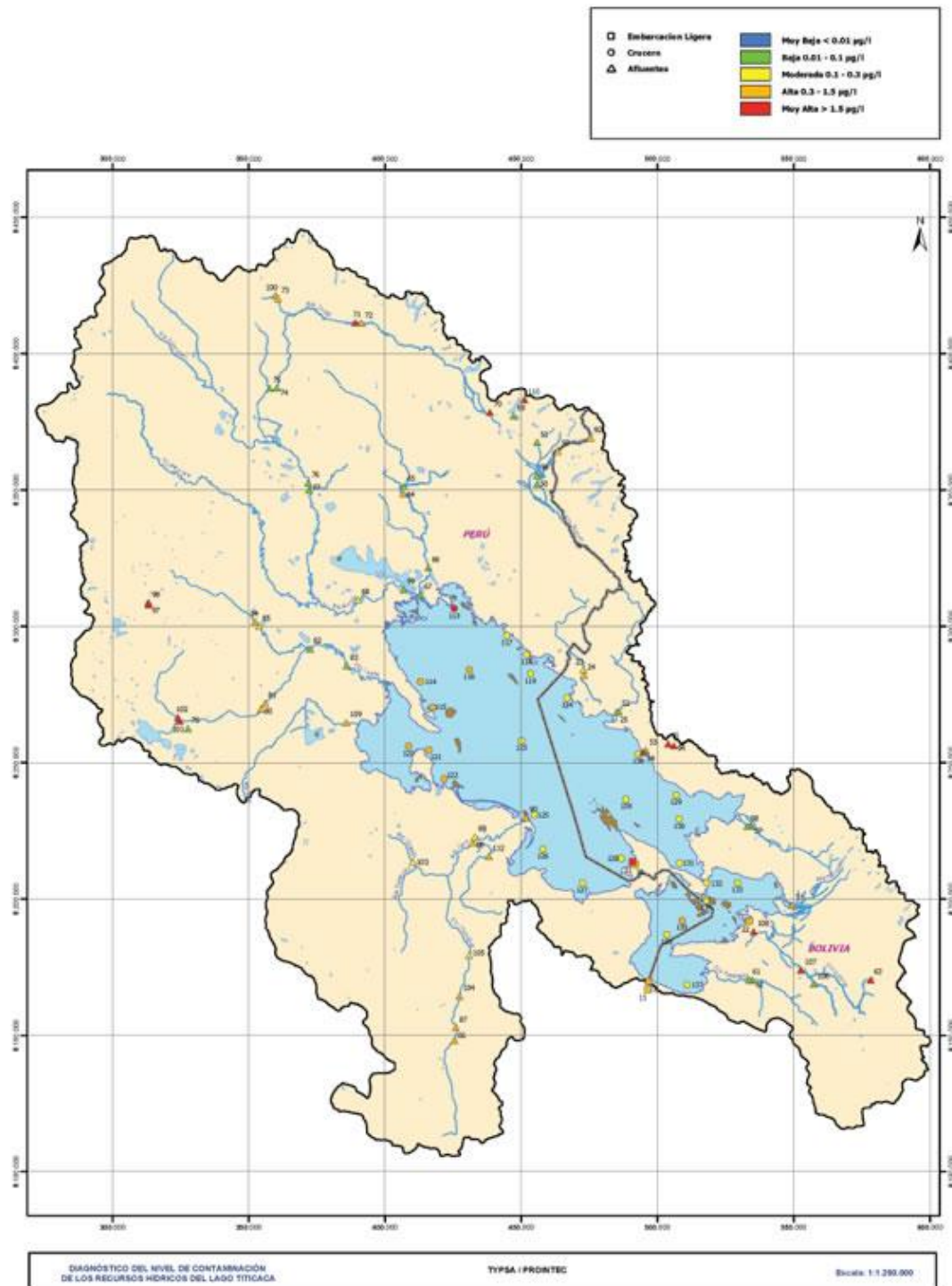
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 100: Mapa de evolución de la calidad de las aguas (cromo).



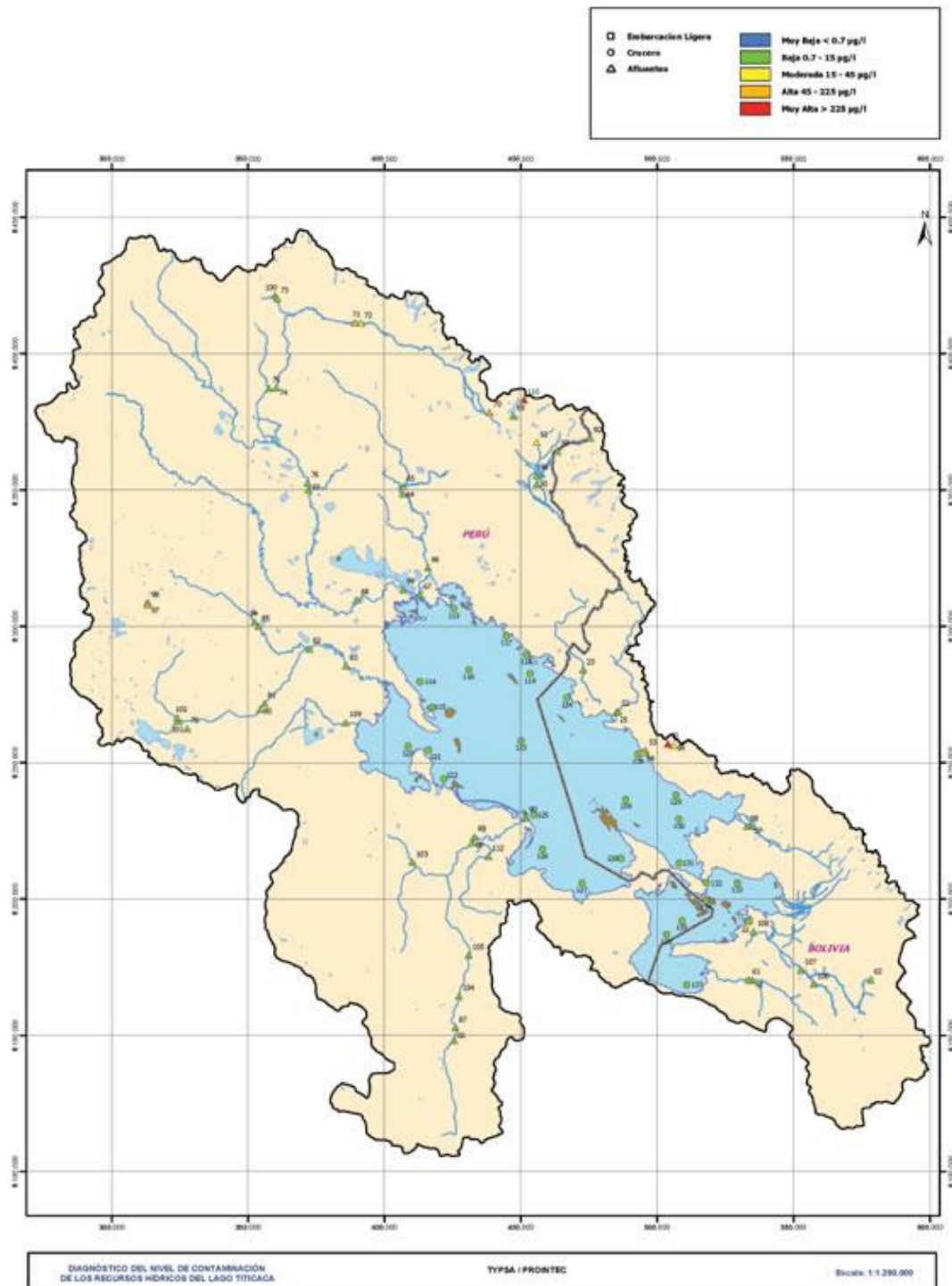
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 101: Mapa de evolución da qualidade das águas (cádmio).



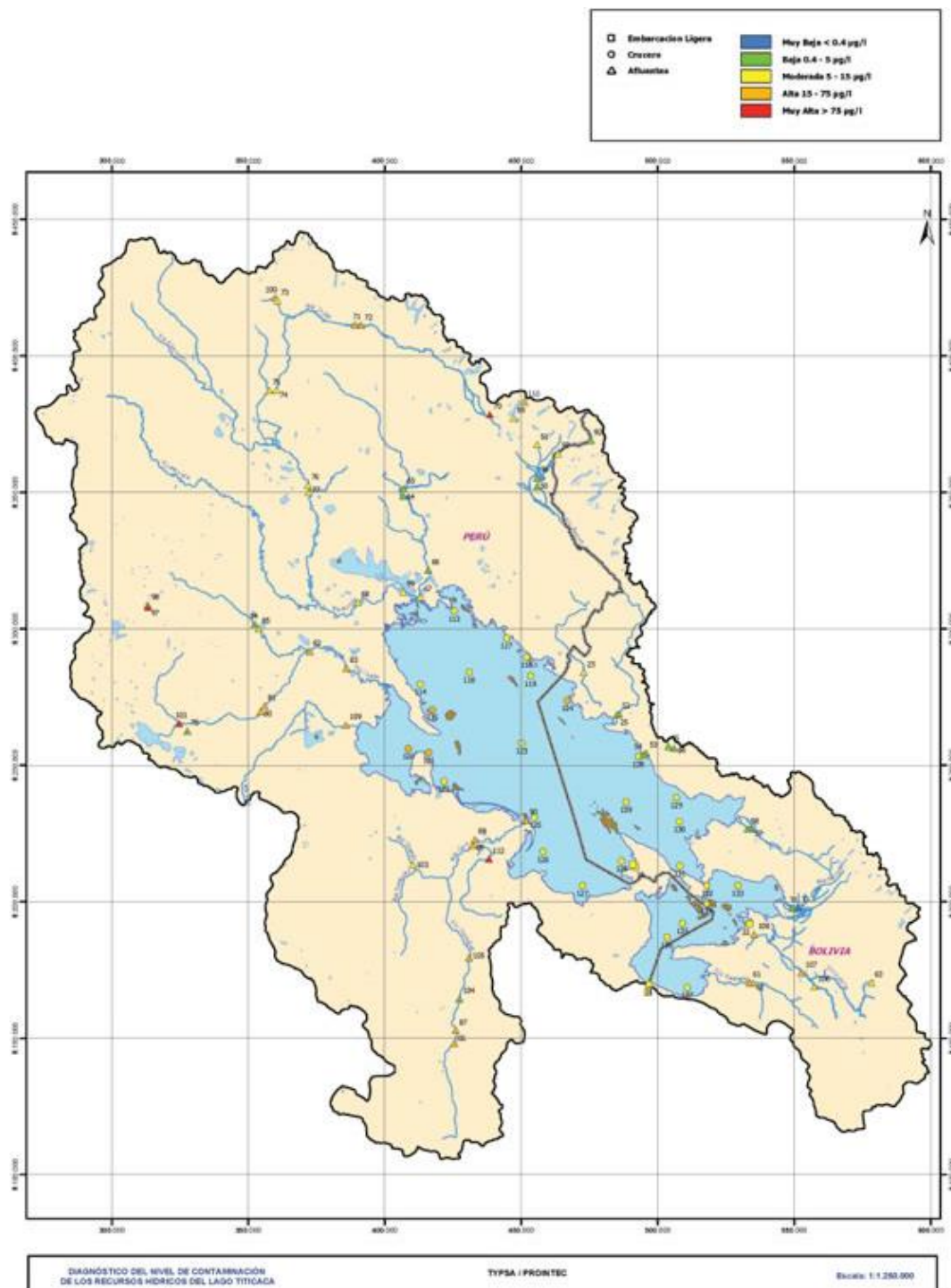
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 102: Mapa de evolución da qualidade das águas (níquel).



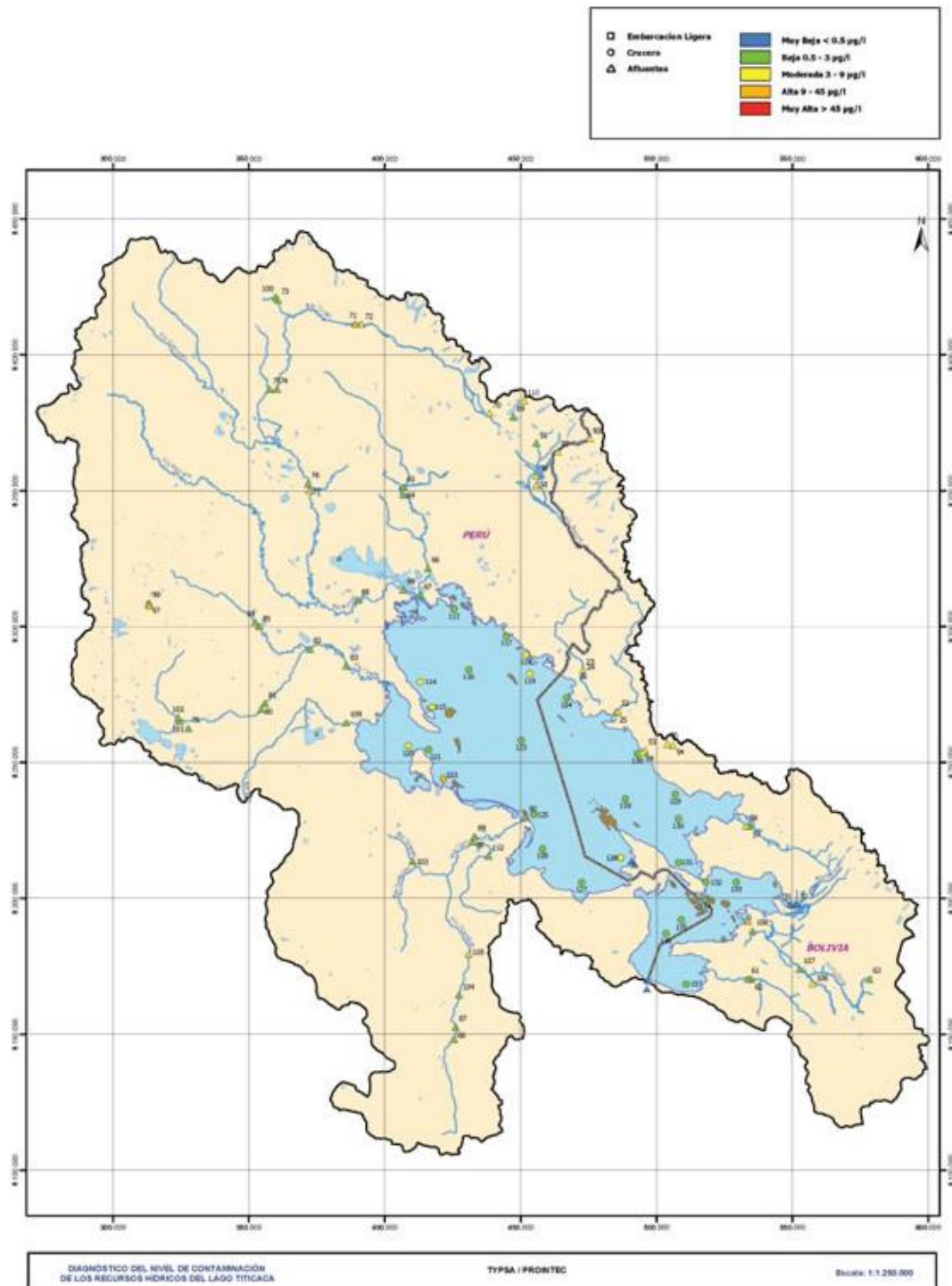
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 103: Mapa de evolução da qualidade das águas (arsénio).



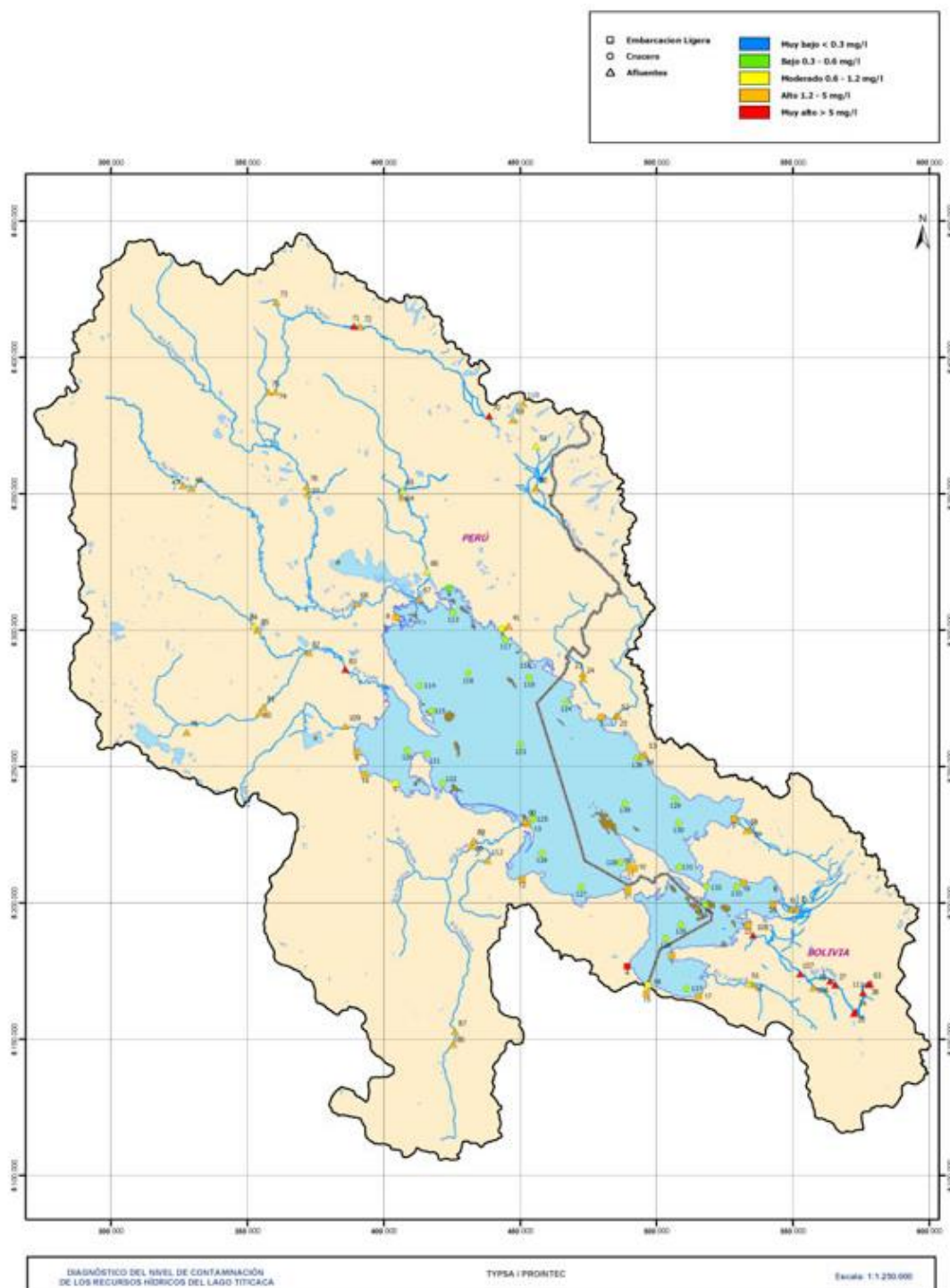
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 104: Mapa de evolução da qualidade das águas (cobre).



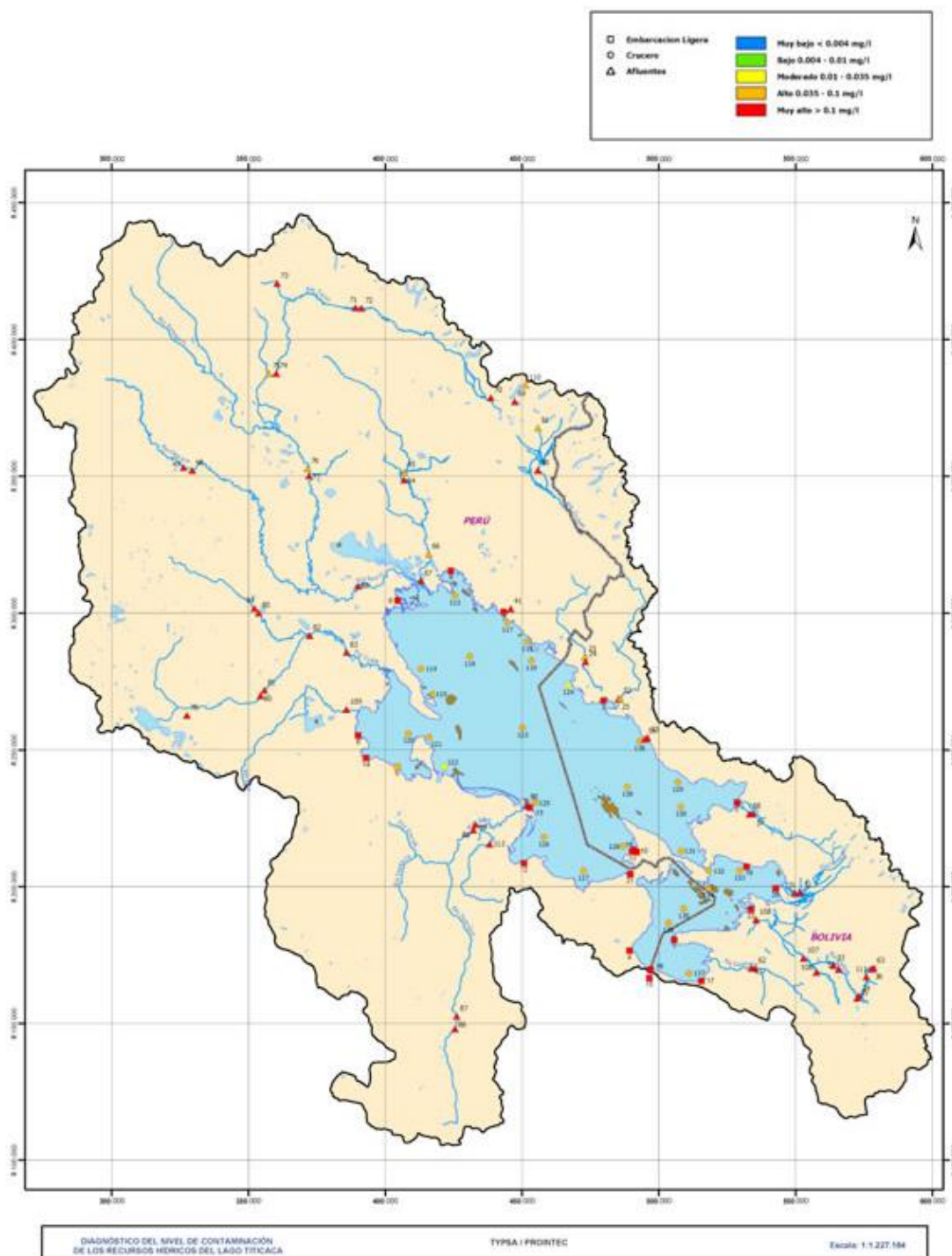
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 105: Mapa de evolución da qualidade das águas (nitrogênio total).



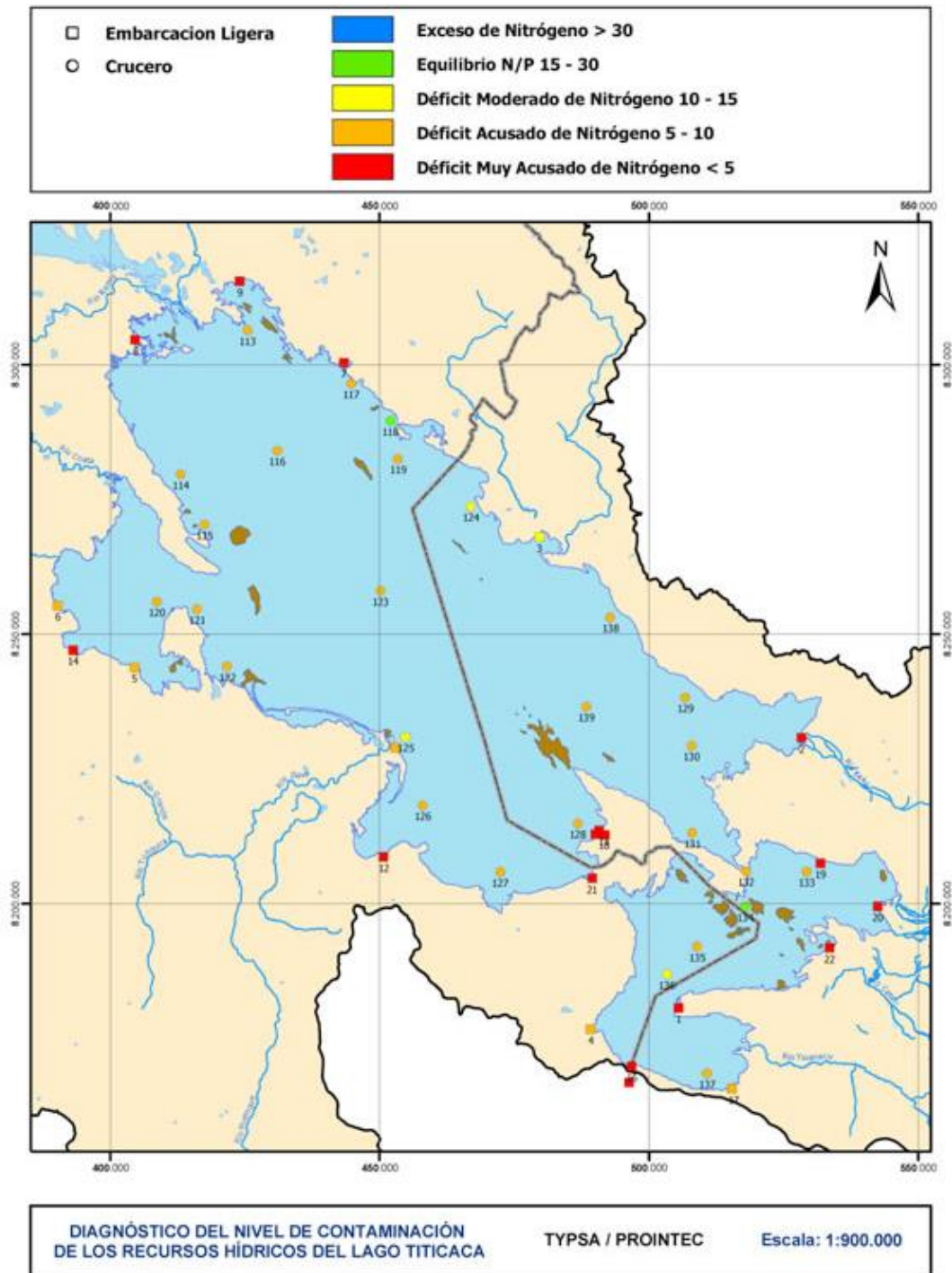
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 106: Mapa de evolução da qualidade das águas (fósforo total).



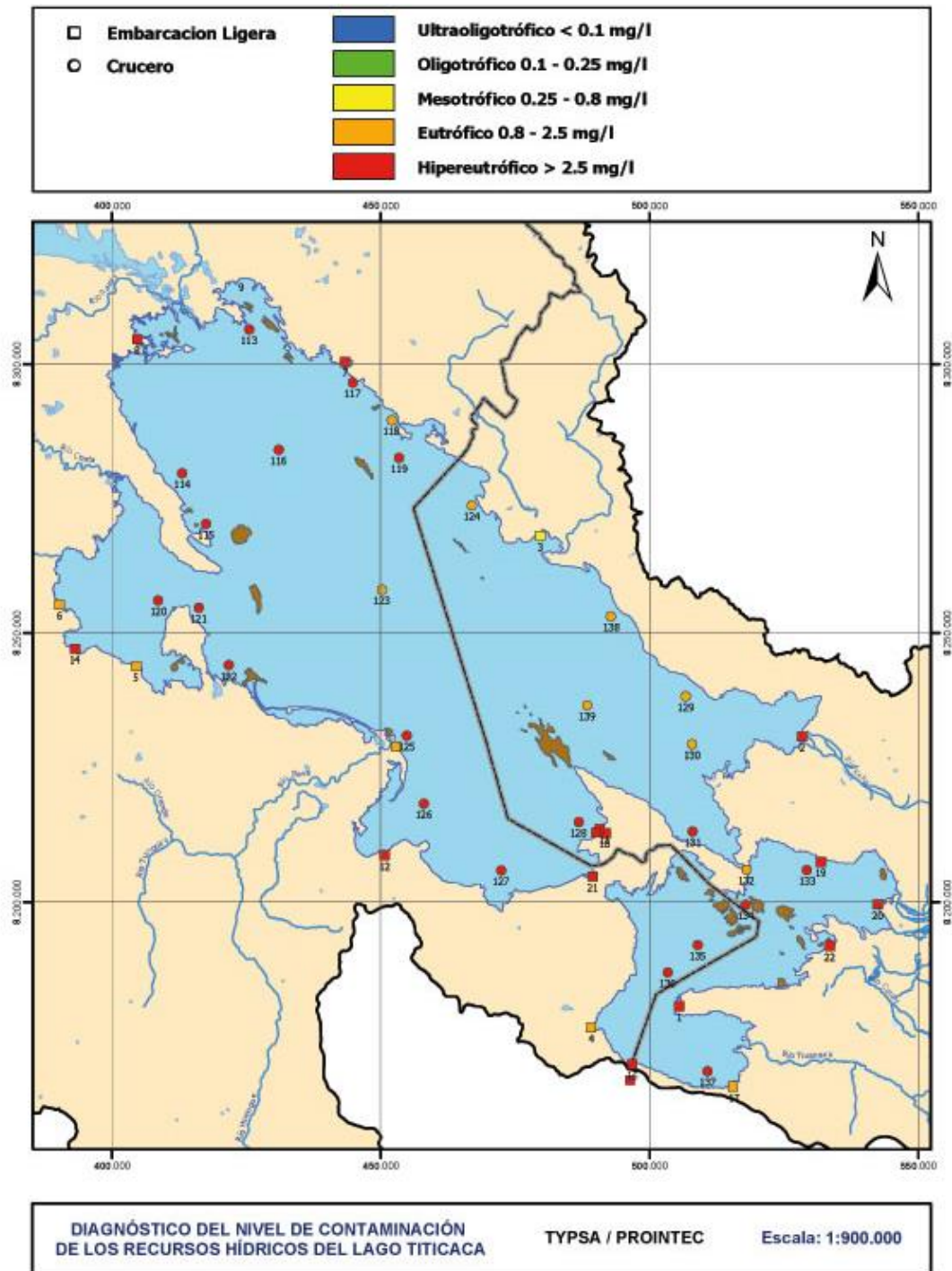
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 107: Mapa do estado trófico do lago (nitrogênio).



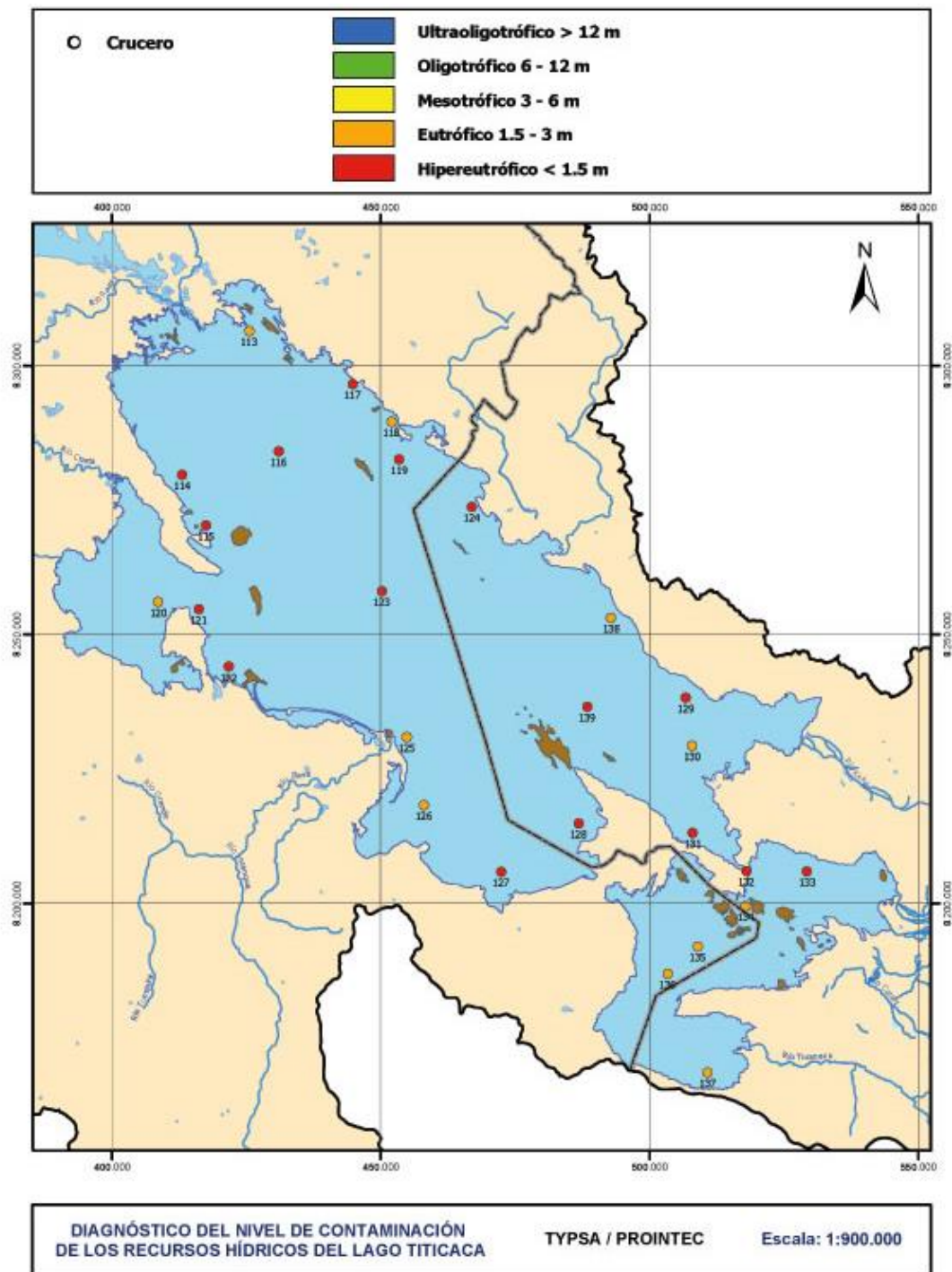
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 108: Mapa do estado trófico do lago (clorofila A).



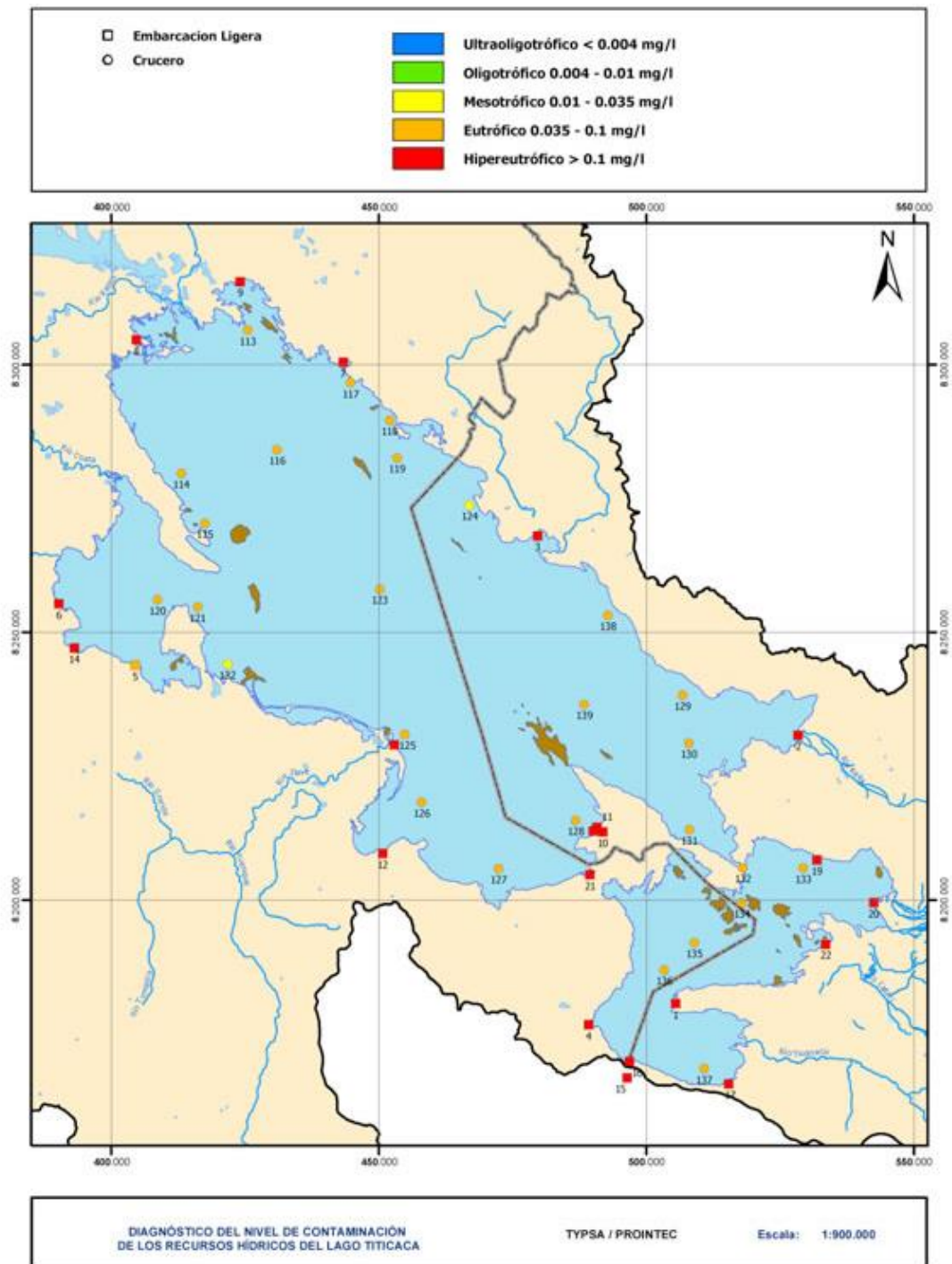
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 109: Mapa do estado trófico do lago (transparência).



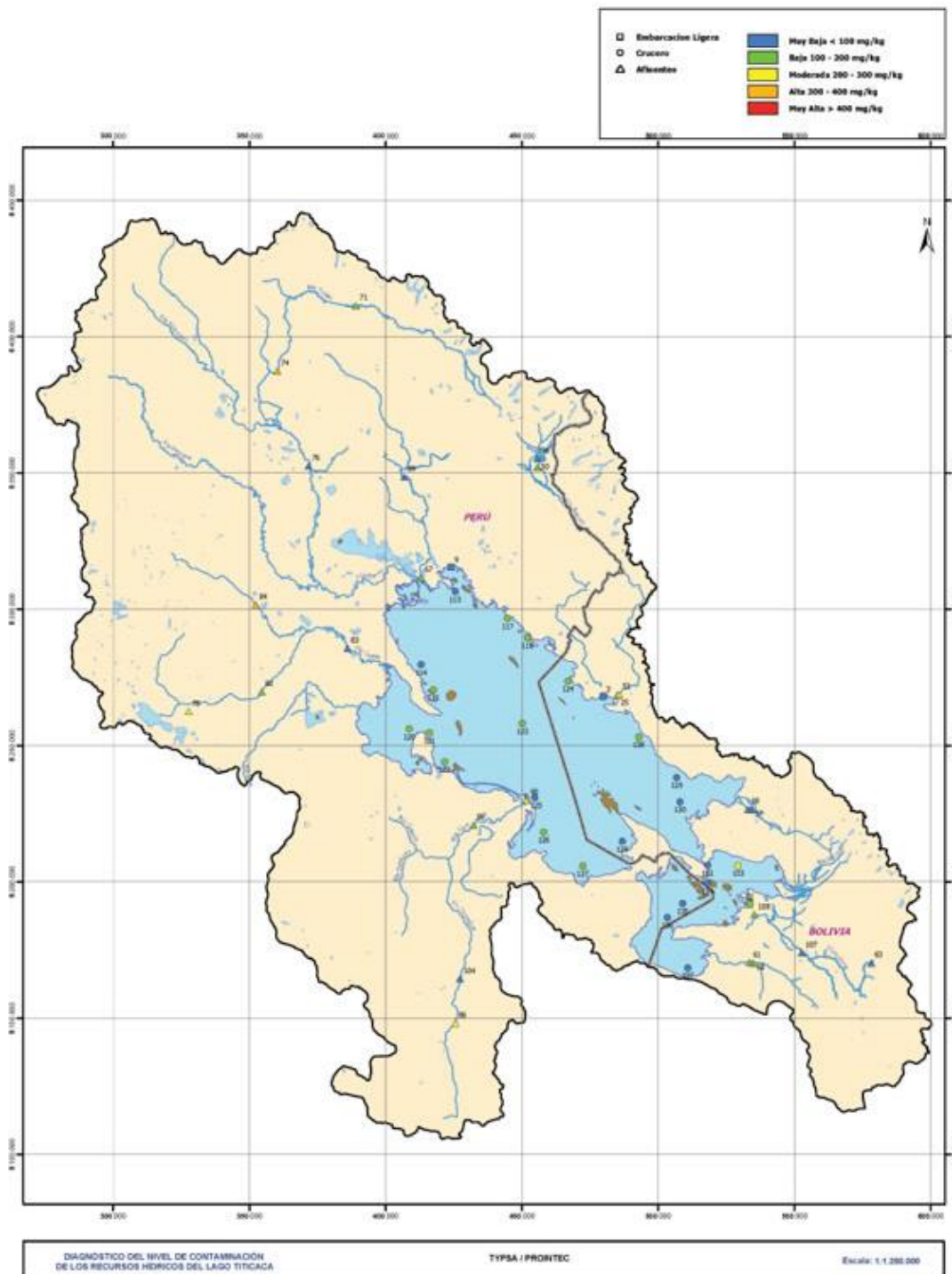
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 110: Mapa do estado trófico do lago (fósforo total).



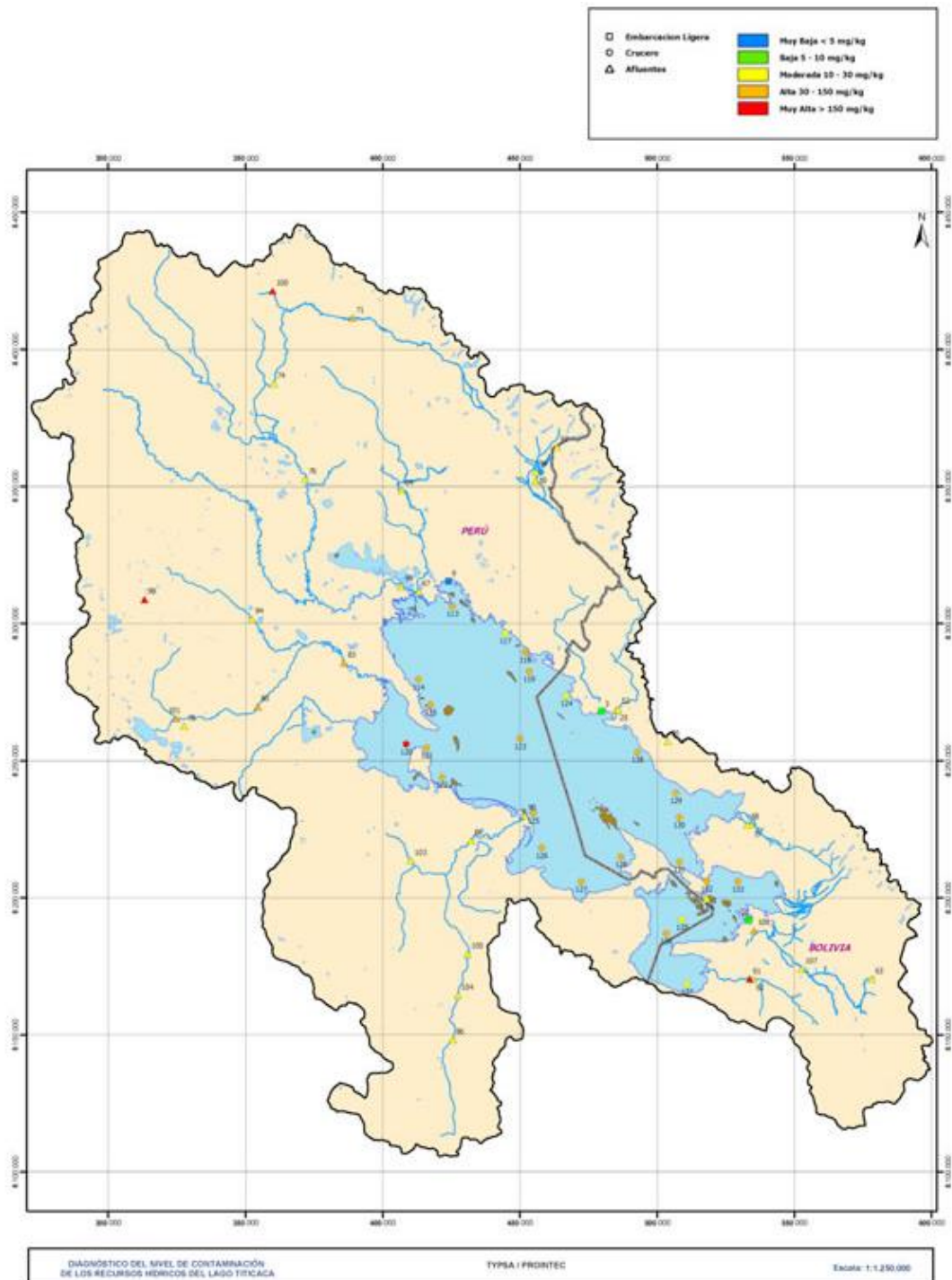
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 111: Mapa de contaminación de sedimentos (fósforo).



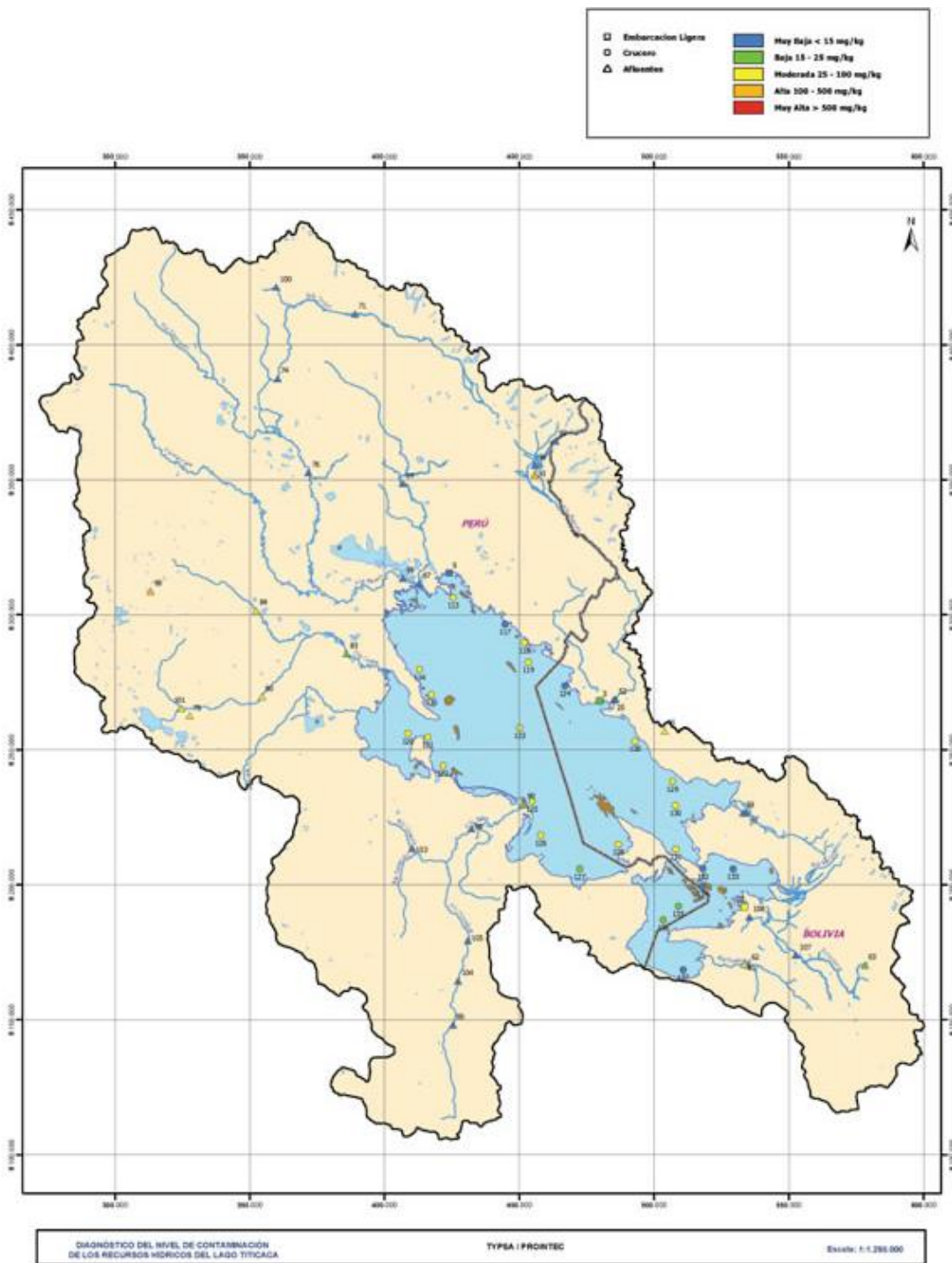
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 112: Mapa de contaminación de sedimentos (arsênico).



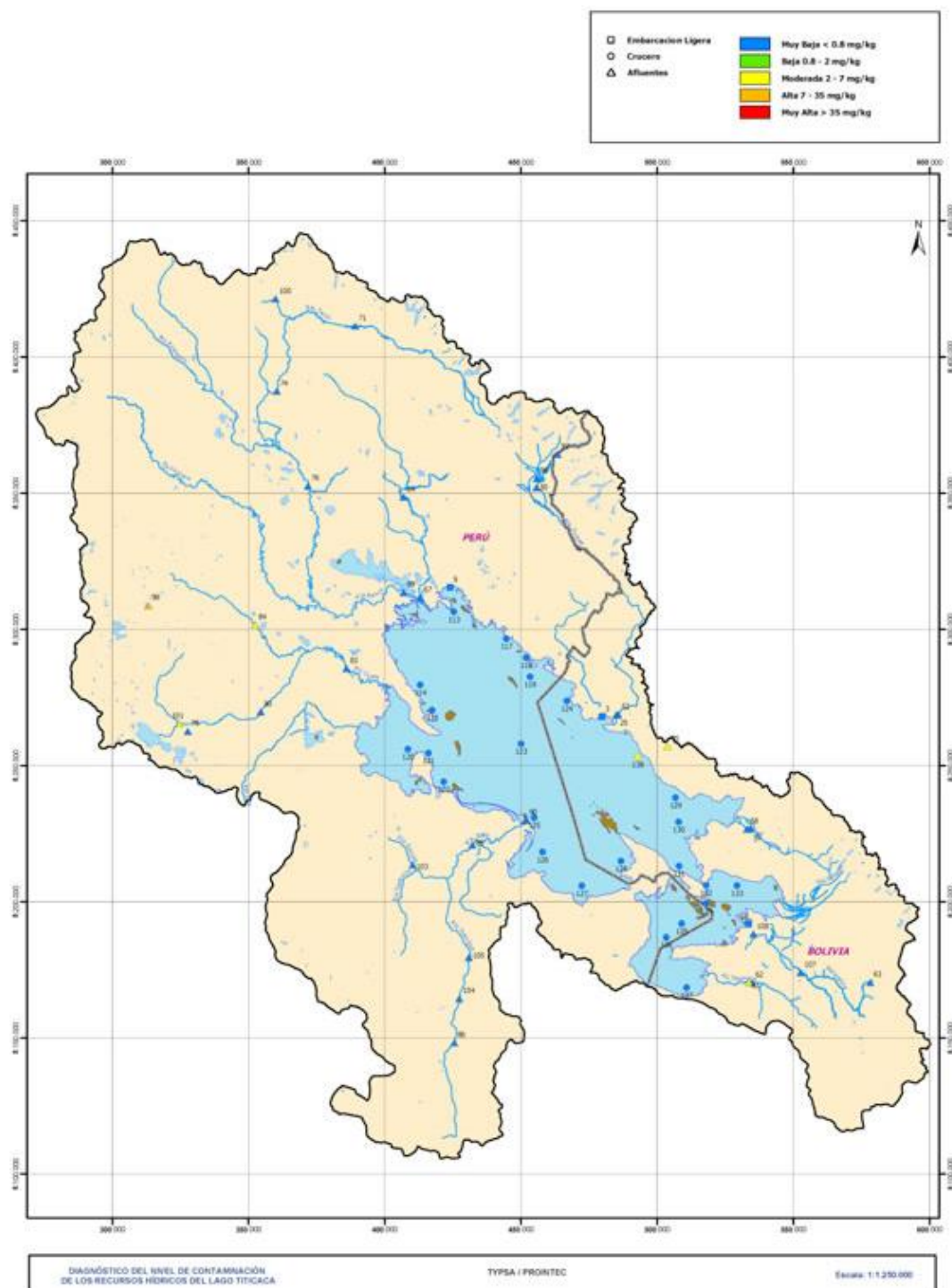
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 113: Mapa de contaminación de sedimentos (cobre).



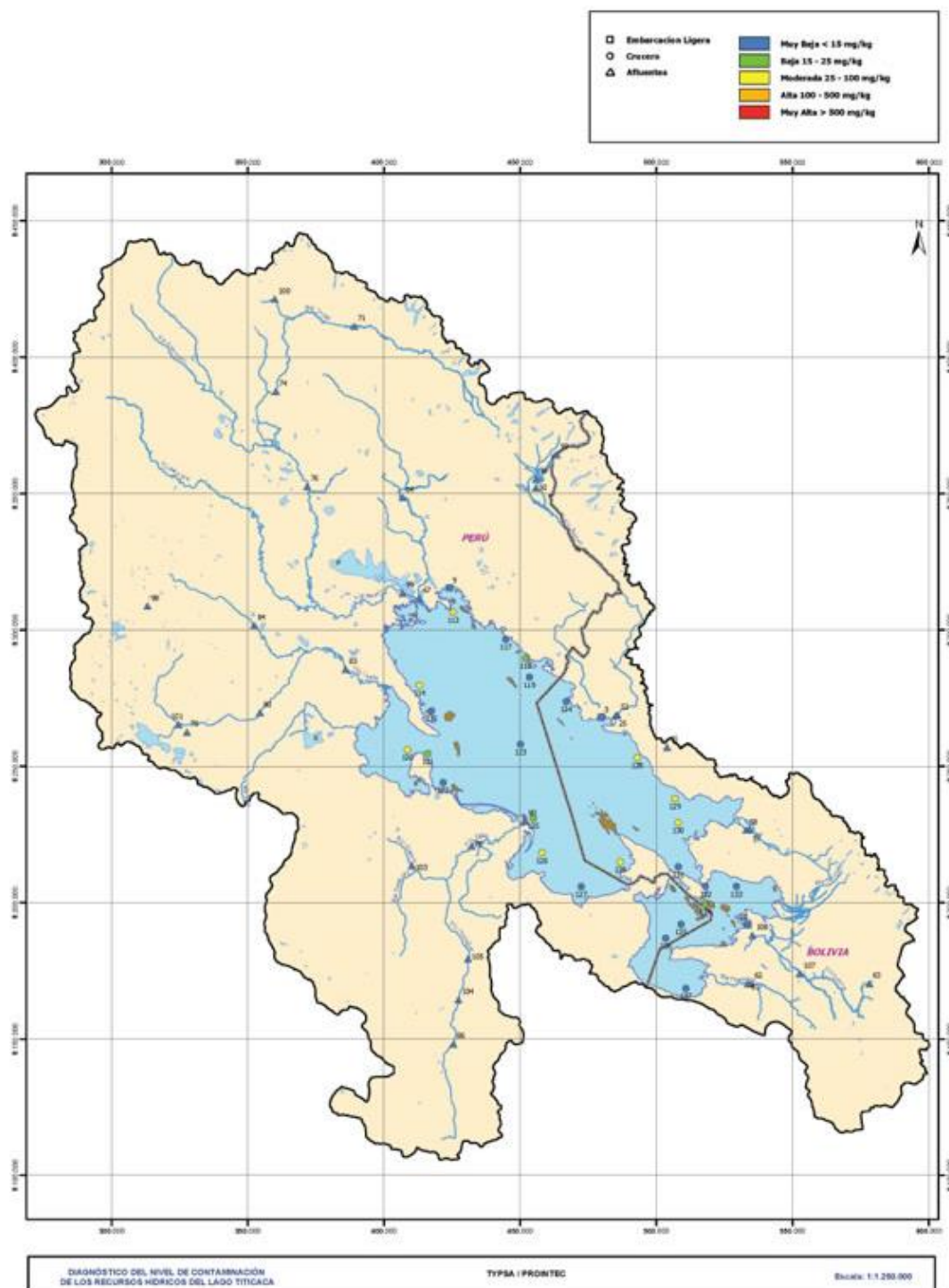
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 114: Mapa de contaminación de sedimentos (cádmio).



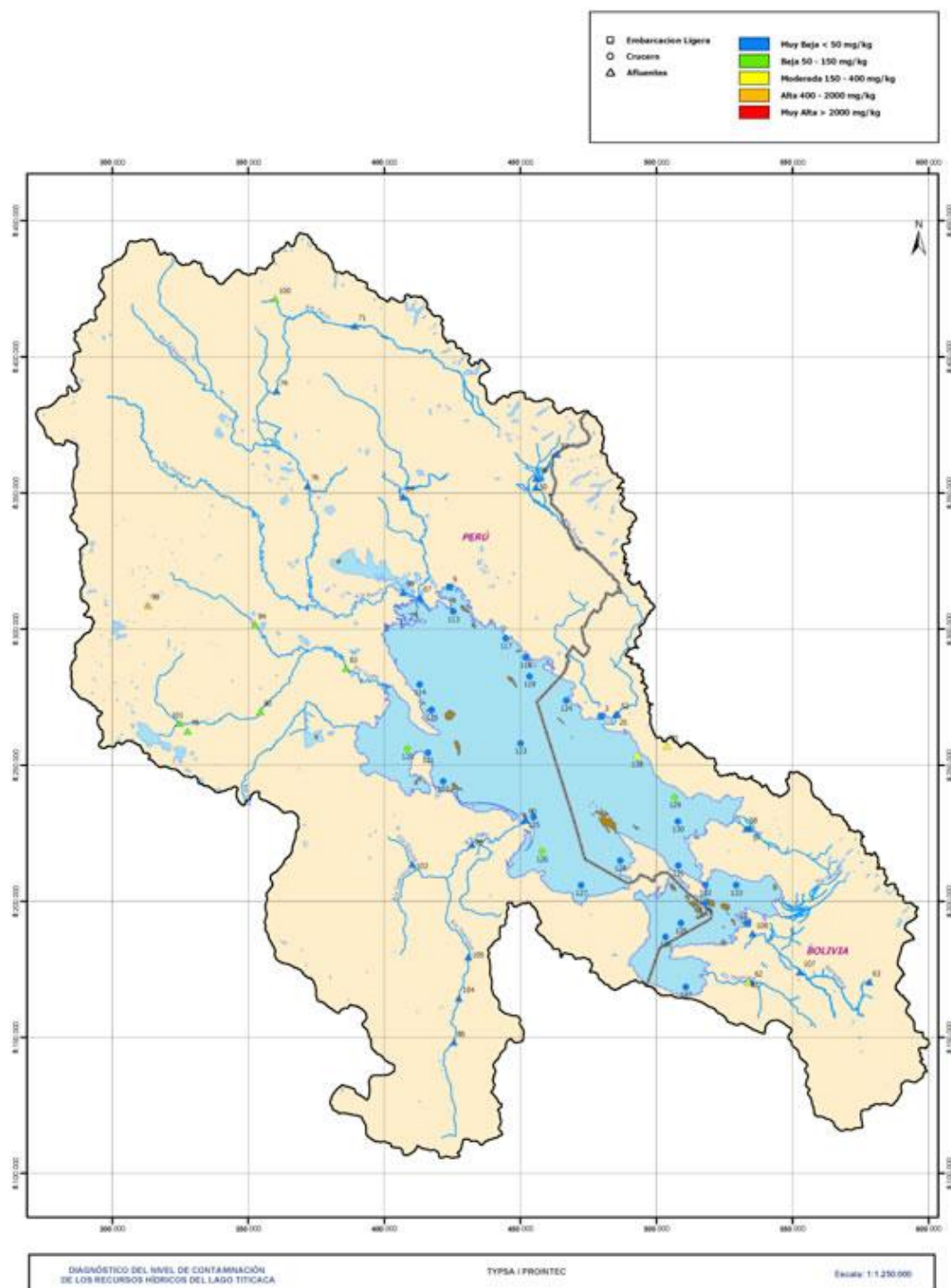
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 115: Mapa de contaminación de sedimentos (cromo).



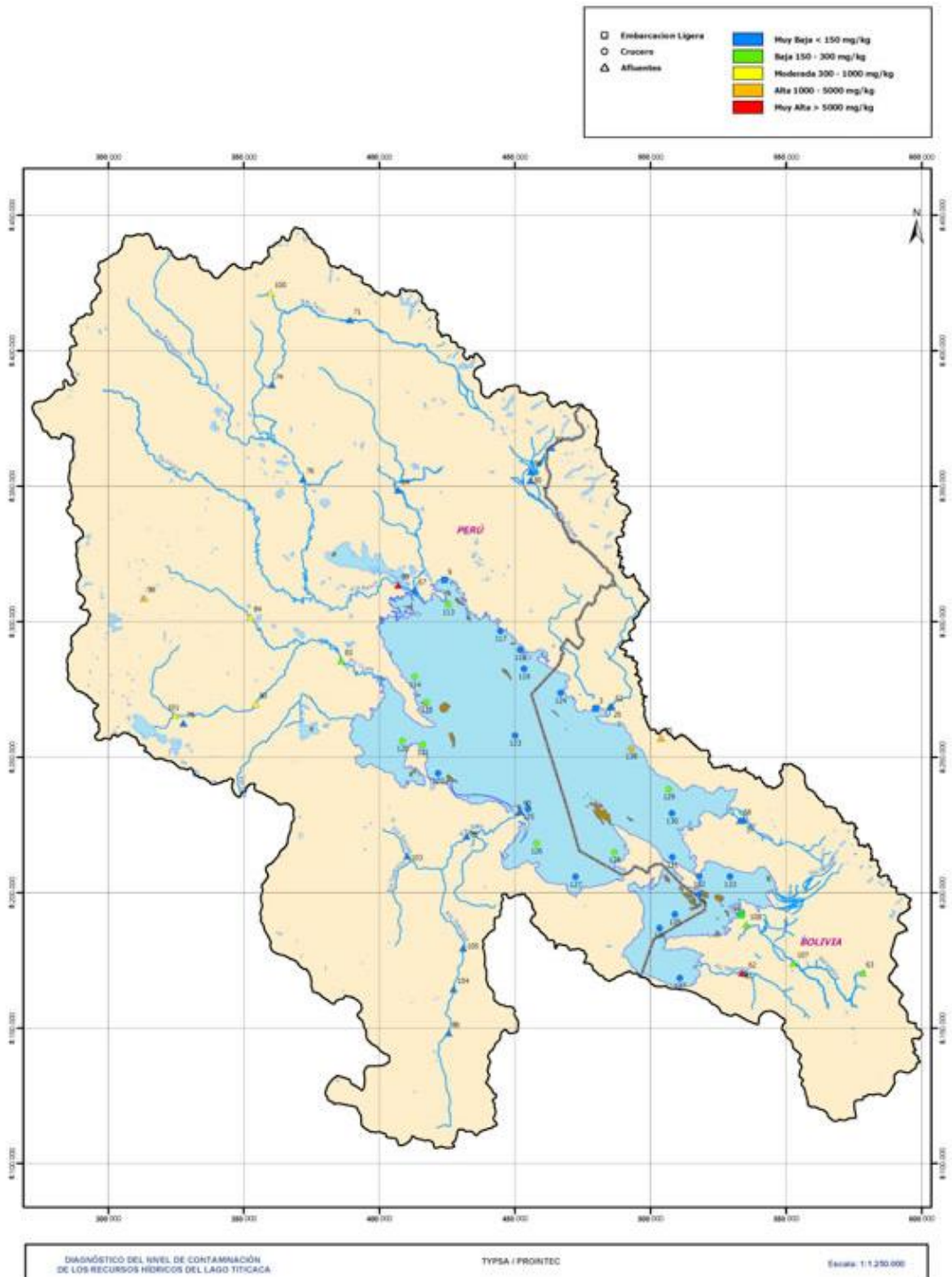
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 116: Mapa de contaminación de sedimentos (chumbo).



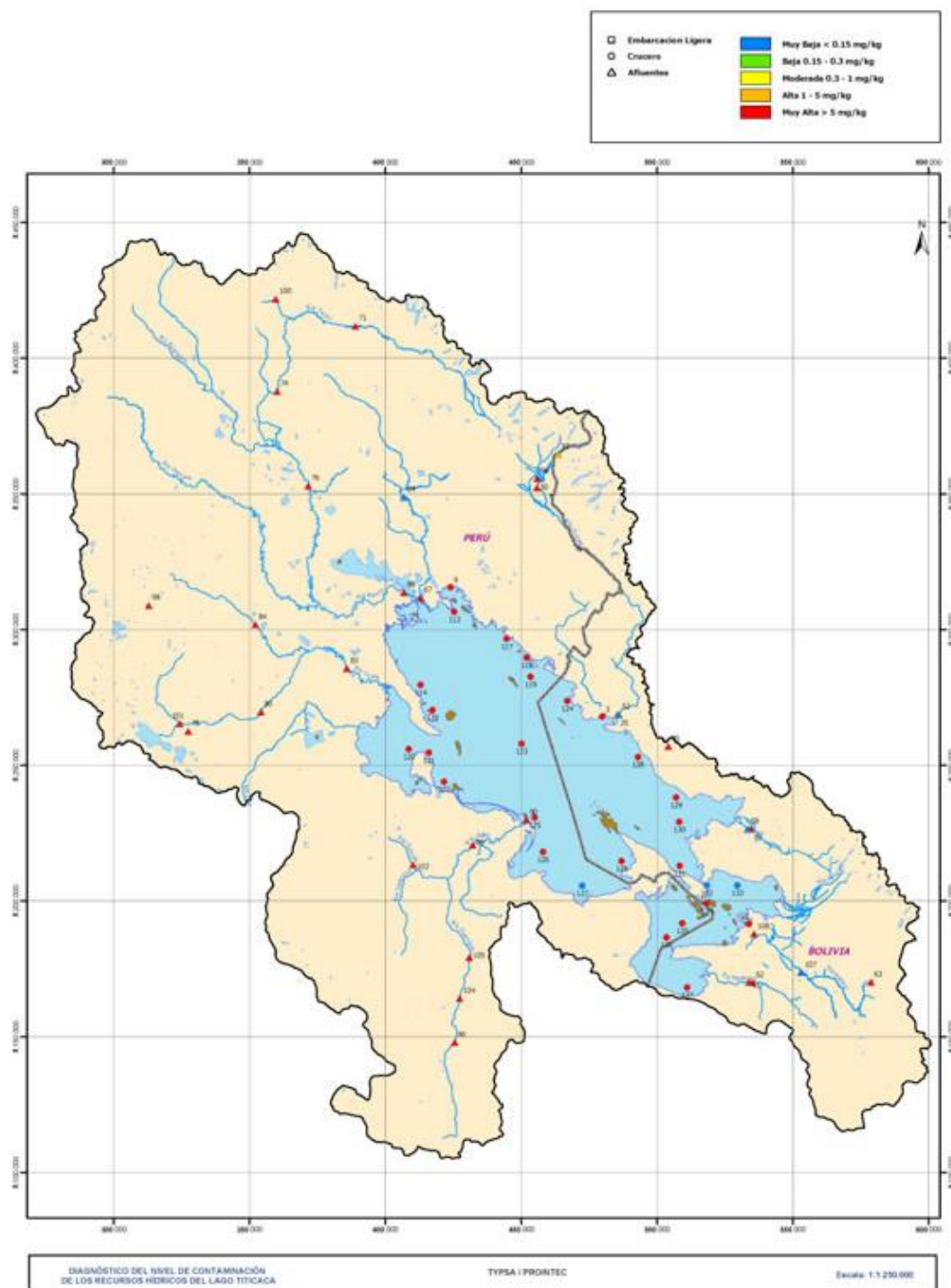
Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 117: Mapa de contaminación de sedimentos (zinc).



Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

Figura 118: Mapa de contaminación de sedimentos (mercurio).



Fonte: Adaptado de G.I.S (2021).

APÊNDICE A – Quadro avaliativo: Episteme da concretude da modelagem aplicada ao estudo de caso 01

<p align="center">1.</p>	<p>Tarefa: Identificar o problema.</p> <p>A baixa adesão da construção civil brasileira na adoção, em larga escala, da parametrização de projetos através da modelagem da informação, mantendo o setor pouco integrado, ineficiente e oneroso.</p>
<p align="center">2.</p>	<p>Tarefa: Criar hipóteses que resolvam o problema identificado.</p> <p>Hipótese 01: É possível através da criação e detalhamento de um projeto demonstrar quais são as vantagens de desenvolver um projeto paramétrico?</p> <p>Hipótese 02: A baixa adesão a parametrização de projetos no Brasil pode ser gerada pela complexidade dos <i>softwares</i> BIM?</p> <p>Hipótese 03: A produtividade do profissional é afetada quando o projeto desenvolvido é parametrizado?</p>
<p align="center">3.</p>	<p>Tarefa: Testar as hipóteses considerando métodos exequíveis (tecnologia).</p> <p>Para testar as hipóteses foram utilizados os <i>software</i> Revit® e AutoCAD®, e um computador Dell equipado com Processador I7, com 40 <i>gigabytes</i> de memória Ram, disco rígido de 1 <i>terabyte</i> e placa de vídeo Nvidia® da Gforce® de 4 <i>gigabytes</i>. Tanto os <i>software</i> quanto o <i>hardware</i> atenderam as necessidades para o desenvolvimento do projeto parametrizado.</p>

<p>4.</p>	<p>Tarefa: Refutar ou validar as hipóteses através dos métodos.</p> <p>A hipótese 01 demonstrou-se viável pois com o detalhamento do projeto residencial Erna Hoppe foi possível demonstrar (através da automatização dos quantitativos e das correções automáticas dos esquemas técnicos como cortes, plantas, vistas, 3d, dentre outros) as vantagens de desenvolver um projeto paramétrico.</p> <p>A hipótese 02 foi refutada pois o <i>software</i> não apresenta complexidade superior aos demais programas já inseridos no mercado. Porém o custo da licença e a necessidade de <i>hardwares</i> mais potentes podem dificultar sua popularização.</p> <p>A hipótese 03 foi refutada pois, após elaborar o projeto em duas plataformas diferentes (BIM e CAD), foi possível aferir que a produtividade do profissional não é negativamente afetada quando o projeto é parametrizado. Apesar de, inicialmente, a execução do projeto no <i>software</i> BIM ser mais lenta, à medida que o processo projetual avança, ele é capaz de gerar esquemas técnicos mais completos e de forma automatizada. No geral o tempo de execução do projeto (tanto em BIM quanto em CAD) são iguais, porém uma grande diferença de tempo foi observada quando havia necessidade de fazer alterações/correções no trabalho, sendo que o tempo gasto para tais atividades reduziu cerca de 70% com o uso do <i>software</i> BIM.</p>
<p>5.</p>	<p>Tarefa: Verificar se problema pode estar na estrutura do sistema, se os componentes estão ou não bem relacionados, danificados ou ausentes, e se a ele se aplicam todas as características sistêmicas.</p> <p>O problema está no ambiente do sistema (setor da construção civil), em sua administração (empresários e governo), nas medidas de rendimento do sistema (produtividade e lucratividade), nas coações fixas (normas e regras) que interferem diretamente nos recursos dos sistemas, mostrando que os seus componentes não estão bem relacionados. Dentro desse cenário é possível identificar as características sistêmicas presentes no problema.</p> <p>Nota: É importante não confundir o ambiente do setor da construção civil (onde se encontra o problema) com a estrutura do modelo paramétrico desenvolvido.</p>

6.	<p>Hipótese: O problema é causado por má administração, rendimentos baixos ou pouca precisão.</p> <p>Após a elaboração do referencial teórico e da criação do modelo foi possível identificar que a baixa adesão a parametrização de projetos é causada, em parte pela má administração do sistema. Como consequência gera-se um baixo rendimento do sistema (produtividade e lucratividade) que afeta toda a cadeia da construção civil Brasileira.</p>
7.	<p>Tarefa: Criar um modelo (físico, matemático etc.) e testar sua congruência com a situação problemática, verificando sua capacidade de prever soluções.</p> <p>Foi desenvolvido um modelo paramétrico de uma edificação residencial multifamiliar em um <i>software</i> BIM.</p> <p>A baixa adesão da construção civil brasileira na adoção de projetos paramétricos através da modelagem da informação não pode ser explicada pelo modelo 3D, pois após sua elaboração foi possível utilizar os dados obtidos para determinar que o problema apontado na pesquisa é gerado por uma questão do ambiente externo do modelo computacional, ligado sua administração e medidas de rendimento, como dito anteriormente.</p> <p>Foi possível também prever questões associadas a custo da obra, divergências projetuais (projeto arquitetônico, elétrico, decoração e outros) e o seu tempo de execução.</p>
8.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>Após a construção do estudo de caso foi possível pressupor que o estudo poderia ter tentado aplicar <i>links</i> automáticos de atualização de materiais e preço no software para resultar em soluções que permitissem o modelo permanecer atualizado.</p>

<p>9.</p>	<p>Tarefa: Aferir se o problema pode ser emergente devido às relações internas e com o meio e demais sistemas.</p> <p>O problema revela características emergente pois a inercia tecnológica do setor é gerada pela estagnação em massa dos vários setores (componentes) envolvidos na construção civil, como os empresários, os profissionais técnicos e o próprio governo. Porém, apesar de lenta essa mudança vem ocorrendo gradualmente no Brasil.</p>
<p>10.</p>	<p>Hipótese: O estudo da Emergência permite a identificação dos elementos causadores do problema e seu tipo de relação.</p> <p>Sim, por exemplo, as empresas do setor da construção civil tendem a reproduzir determinados comportamentos em massa, de forma lenta e gradual, evitando mudanças radicais. Isso pode ser explicado pelo conservadorismo do setor que possui um certo senso de universalidade de práticas, gerando fenômenos emergentes negativos (quando associado ao atraso do setor) de agrupamentos de massa.</p>
<p>11.</p>	<p>Tarefa: Anular algumas conexões dos componentes, verificando se o estado do sistema retrocede para o bom funcionamento.</p> <p>Foi possível anular as conexões do modelo com os componentes do ambiente. Desta forma foi possível promover o bom funcionamento do sistema enquanto permanecia desconectado.</p>
<p>12.</p>	<p>Tarefa: Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>A modelagem não conseguiu apresentar a emergência de fenômenos que estavam fora do modelo, como por exemplo revelar como a administração pública poderia contribuir com seu desenvolvimento ou apresentar dados, de forma precisa, de como funciona o ambiente da construção civil brasileira.</p>

13.	<p>Tarefa: Averiguar se o problema pode ter sido gerado pelo não acoplamento estrutural do sistema ao ambiente.</p> <p>Considerando o modelo paramétrico como o sistema, e o ambiente como o setor da construção civil (com todos os seus componentes relacionados), pode-se dizer que parte do problema é gerado pelo não acoplamento estrutural entre eles, pois, na verdade, o modelo paramétrico não tem sido adequadamente adotado no país.</p>
14.	<p>Hipótese: O problema advém da pouca plasticidade estrutural ou falta de maleabilidade e adaptação ao ambiente.</p> <p>O problema não vem da pouca plasticidade estrutural ou falta de maleabilidade e adaptação ao meio, mas sim da baixa capacidade de resposta das empresas, profissionais técnicos e do governo em difundir e aplicar a modelagem paramétrica.</p>
15.	<p>Tarefa: Identificar a existência de características autopoieticas e remover o sistema do meio, ou barrar e protegê-lo.</p> <p>É possível aferir que tanto o ambiente (setor da construção civil) quanto o modelo paramétrico, quando conectado e compartilhado, são capazes de se autoconstruírem e se autoadministrarem, apresentando assim características autopoieticas.</p> <p>O modelo computacional pôde ser parcialmente isolado do ambiente para sua elaboração, porém para um projeto parametrizado funcionar em sua plenitude é necessário que ele seja abastecido com informações externas, como por exemplo, dados de fornecedores (preços, materiais, dentre outros) normas legislativas regionais, compatibilização entre os profissionais envolvidos, entre outros.</p>

16.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>O modelo não foi concebido para se auto-organizar. Isto poderia ter sido feito através de <i>links</i>/programação computacional com a internet. Desta forma, quando isolado, o modelo perde as características autopoéticas.</p>
17.	<p>Tarefa: Verificar se o problema revela um componente sistêmico que se relaciona com um número muito grande de variáveis no ambiente, o que revela a complexidade do Sistema.</p> <p>Após a realização do estudo (caso 01) foi possível aferir que o problema possui características sistêmicas, passando por seu ambiente, pelos sistemas e seus componentes, sua fronteira e pelo observador.</p> <p>O número de variáveis é imensurável, e cada variável possui algum valor representativo no sistema (algumas mais do que outras).</p> <p>É possível citar, por exemplo, a baixa integração entre o sistema BIM, a indústria e o comércio, a quantidade pouca representativa de profissionais tecnicamente preparados, as políticas públicas, ainda tímidas, para incentivar o setor, entre outros.</p>
18.	<p>Hipótese: É possível identificar o número de variáveis interferentes no sistema?</p> <p>Neste estudo (caso 01) é possível identificar uma quantidade expressiva de variáveis interferentes no sistema, mas não todos.</p> <p>Quanto tratamos do modelo computacional isolado podemos citar, por exemplo, os tipos e a quantidade de cada componente, os custos, as dificuldades tecnológicas de processamento, o desenho do projeto (volumetria, área, programa de necessidades) entre outros.</p> <p>Quando tratamos do ambiente, podemos citar as dificuldades de adaptação dos profissionais e das empresas em alterar o sistema projetual, a falta de mão de obra especializada, os custos de implementação da tecnologia, entre outros.</p>

19.	<p>Tarefa: Elaborar testes de múltiplas variáveis e níveis (computação), buscando soluções de generalidade dos diversos campos de conhecimento.</p> <p>Na pesquisa foram realizados testes de múltiplas variáveis para compreender os fenômenos, como por exemplo a associação de variáveis topográficas, arquitetônicas (estruturais e decorativas), de materiais (custo, quantidade, propriedades físicas, entre outros). Porém há espaço para realização de inúmeros outros testes.</p>
20.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>A falha teórica que pode resultar em uma solução ruim acontece devido à não tentativa de integrar o modelo computacional ao ambiente, deixando de promover uma integração complexa no sistema que poderia apresentar resultados significativos.</p>
21.	<p>Tarefa: Avaliar como a lógica de grafo foi utilizada:</p> <p>É possível identificar a ligação entre componentes que compõe os grafos (vértices e arestas) em todas as etapas de construção do modelo e no problema da pesquisa.</p> <p>Como exemplo, pode ser citado, dentro do modelo, a relação entre materiais, quantitativos, custos, produtividade e a relação das propriedades dos componentes (curvas de nível, parede, janelas, portas, telhados e outros). Fora do modelo 3D, e dentro do problema da pesquisa, podemos ainda citar as relações entre Governo, empresas, funcionários, clientes, disponibilidade tecnológica, e assim por diante.</p>

Fonte: Autor

APÊNDICE B – Quadro avaliativo: Episteme da concretude da modelagem aplicada ao estudo de caso 02

<p align="center">1.</p>	<p>Tarefa: Identificar o problema.</p> <p>A dificuldade dos órgãos públicos, pesquisadores e da sociedade em combater a disseminação e o avanço do mosquito <i>Aedes Aegypti</i> sobre o território nacional.</p>
<p align="center">2.</p>	<p>Tarefa: Criar hipóteses que resolvam o problema identificado.</p> <p>Hipótese 01: Como, com a utilização de Drones, câmeras térmicas, nuvem de pontos e geração de modelos 3D, podemos gerar um modelo capaz de auxiliar o combate do <i>Aedes Aegypti</i>?</p> <p>Hipótese 02: Seria possível identificar parâmetros no espaço capazes de construir um padrão para identificação de focos do <i>Aedes Aegypti</i>?</p>
<p align="center">3.</p>	<p>Tarefa: Testar as hipóteses considerando métodos exequíveis (tecnologia).</p> <p>Para testar as hipóteses foram utilizados um Drone da DJI® (MAVIC II Enterprise Dual) equipado com câmera térmica, fotografias e imagens térmicas mescladas com imagens de alta resolução, os <i>softwares</i> Metashap® e DJI Pilot®, um computador Dell® equipado com Processador I7, com 40 <i>gigabytes</i> de memória Ram, disco rígido de 1 <i>terabyte</i> e placa de vídeo Nvidia® da Gforce® de 4 <i>gigabytes</i>.</p>

<p>4.</p>	<p>Tarefa: Refutar ou validar as hipóteses através dos métodos.</p> <p>A hipótese 1 foi validada pois, com a utilização de Drones, câmeras térmicas, nuvens de pontos, ortomosaicos e modelos computacionais em 3 dimensões, foi possível elaborar um modelo computacional capaz de auxiliar a localização de focos do mosquito <i>Aedes Aegypti</i>, e que pode ser aplicado no combate desse vetor de arboviroses.</p> <p>A hipótese 2 foi validada pois foi possível identificar parâmetros no espaço capazes de construir um padrão para identificação de focos do <i>Aedes Aegypti</i>. Destacando o planicidade das superfícies com presença de água, a temperatura dos materiais e a altimetria, tornando possível definir dados quantificáveis para auxiliar a busca de focos do mosquito <i>Aedes Aegypti</i> por meio da modelagem ambiental.</p>
<p>5.</p>	<p>Tarefa: Verificar se problema pode estar na estrutura do sistema, se os componentes estão ou não bem relacionados, danificados ou ausentes, e se a ele se aplicam todas as características sistêmicas.</p> <p>O problema está no ambiente do sistema (áreas urbanas e rurais afetadas), em sua administração (governo e população), nas medidas de rendimento do sistema (número de infectados) em suas coações fixas (normas e regras) que acabam interferindo diretamente nos recursos dos sistemas, mostrando que os seus componentes não estão bem relacionados. Dentro desse cenário é possível identificar as características sistêmicas presentes no problema.</p>
<p>6.</p>	<p>Hipótese: O problema é causado por má administração, rendimentos baixos ou pouca precisão.</p> <p>Após a elaboração do referencial teórico, e da criação do modelo, foi possível identificar que a dificuldade dos órgãos públicos, pesquisadores e da sociedade em combater a disseminação e o avanço do mosquito <i>Aedes Aegypti</i> sobre o território nacional é um problema complexo que depende de muitas variáveis para ser totalmente, ou pelo menos parcialmente solucionado. Desta forma é possível</p>

	<p>identificar problemas na administração do sistema, nos rendimentos abaixo do aceitável e na pouca precisão das medidas adotadas.</p>
7.	<p>Tarefa: Criar um modelo (físico, matemático etc.) e testar sua congruência com a situação problemática, verificando sua capacidade de prever soluções.</p> <p>Através do modelo computacional desenvolvido foi possível aferir sua congruência com a situação problema da pesquisa, pois ele auxilia o combate ao mosquito <i>Aedes Aegypti</i>. O modelo revelou-se capaz de prever questões associadas ao risco de contaminação da população ao quantificar o número de áreas que apresentam água parada (possíveis focos de reprodução do mosquito <i>Aedes Aegypti</i>) no ambiente, pois a quantidade de pessoas contaminadas está diretamente relacionada ao número de focos do mosquito em cada região.</p>
8.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>Após a construção do estudo de caso foi possível pressupor que a pesquisa poderia ter sido aplicada em outras regiões para comparação sistêmica dos dados, tornando possível comparar, por exemplo, o número de focos com o número de pessoas contaminadas em áreas distintas.</p>
9.	<p>Tarefa: Aferir se o problema pode ser emergente devido às relações internas e com o meio e demais sistemas.</p> <p>O problema revela características emergentes pois o combate ao mosquito <i>Aedes Aegypti</i> depende da ação de todos os agentes que compõem a sociedade. Porém destaca-se que para ser solucionado depende da integração entre órgãos públicos, pesquisadores e a comunidade.</p>

10.	<p>Hipótese - O estudo da Emergência permite a identificação dos elementos causadores do problema e seu tipo de relação.</p> <p>Sim, isso fica claro quando avaliamos o comportamento emergente do próprio vetor epidemiológico (<i>Aedes Aegypti</i>) em busca de alimento e locais de reprodução e da sociedade que, tende a ter comportamentos em massa em busca de soluções para problemas que afetam sua qualidade de vida.</p>
11.	<p>Tarefa: Anular algumas conexões dos componentes, verificando se o estado do sistema retrocede para o bom funcionamento.</p> <p>Não foi aplicado neste estudo (caso 02).</p>
12.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>A modelagem não levou em consideração a Emergência de fenômenos que estavam fora do sistema modelado, como por exemplo a administração pública, atitudes governamentais, comportamento da comunidade, dentre outros.</p>
13.	<p>Tarefa: Averiguar se o problema pode ter sido gerado pelo não acoplamento estrutural do sistema ao ambiente.</p> <p>Considerando os modelos computacionais obtidos como o sistema, e o ambiente como a cidade (com todos os seus componentes relacionados), não se pode dizer que o problema é gerado pelo não acoplamento estrutural entre eles, pois neste caso, os modelos obtidos ainda são apenas propostas de pesquisa em fase inicial de desenvolvimento.</p>

14.	<p>Hipótese: O problema advém da pouca plasticidade estrutural ou falta de maleabilidade e adaptação ao ambiente.</p> <p>O problema não vem da pouca plasticidade estrutural ou falta de maleabilidade e adaptação ao meio, mas sim da baixa capacidade de resposta do governo, dos pesquisadores e da própria sociedade em lidar com o mosquito <i>Aedes Aegypti</i>.</p>
15.	<p>Tarefa: Identificar a existência de características autopoieticas e remover o sistema do meio, ou barrar e protegê-lo.</p> <p>É possível aferir que o ambiente (cidade) é capaz de se autoconstruir e se autoadministrar, apresentando assim características autopoieticas. Porém o modelo computacional desenvolvido não possui essa característica pois não está conectado a sistemas que o permitam se retroalimentar.</p> <p>Não é possível remover ou isolar a área da escola Estadual Central (espaço urbano), porém, após a coleta de dados no local foi possível criar e isolar o modelo computacional criado para a pesquisa.</p> <p>Destaca-se que modelo computacional gerado (modelo 3D, nuvens de pontos, imagens térmicas ortomosaicos) não depende de atualizações externas frequentes, pois a coleta de dados é temporal, ou seja, paralisa os dados após sua realização. Porém se houver desejo de manter o modelo atualizado é necessário abastecer sua base de dados frequentemente.</p>
16.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>Devido a não disponibilidade de tecnologia capaz de atualizar automaticamente os dados, o modelo não foi concebido para se auto-organizar frente a variedade de emergências.</p>

17.	<p>Tarefa: Verificar se o problema revela um componente sistêmico que se relaciona com um número muito grande de variáveis no ambiente, o que revela a complexidade do sistema.</p> <p>Após a realização do estudo (caso 02) foi possível aferir que o problema possui características sistêmicas, passando por seu ambiente, pelos sistemas (e seus componentes), sua fronteira e pelo observador.</p> <p>O número de variáveis é imensurável, e cada variável possui algum valor representativo no sistema (algumas mais do que outras).</p> <p>É possível citar, por exemplo, as mudanças climáticas, o comportamento da população em relação ao combate ao <i>Aedes Aegypti</i>, a presença ou ausência de predadores do mosquito nas áreas afetadas, as políticas públicas, dentre outras.</p>
18.	<p>Hipótese: É possível identificar o número de variáveis interferentes no sistema?</p> <p>Neste estudo (caso 02) foi possível identificar parte significativas das variáveis interferentes no sistema, mas diante da complexidade do estudo provavelmente muitas não puderam ser identificadas.</p> <p>Quanto tratamos da construção do modelo isolado, podemos citar, por exemplo, os tipos e a quantidade de cada componente, a disponibilidade de equipamentos tecnológicos, as dificuldades computacionais de processamento, a área de estudo (volumetria, dimensões, quantidade de vegetação presente) dentre outros.</p> <p>Quando tratamos do problema, podemos citar as políticas públicas, o engajamento da população, as dificuldades inerentes impostas pelo comportamento do mosquito <i>Aedes Aegypti</i>, o tipo de ambiente avaliado (urbanismo, quantidade de vegetação, topográfica), e outros.</p>

<p>19.</p>	<p>Tarefa: Elaborar testes de múltiplas variáveis e níveis (computação), buscando soluções de generalidade dos diversos campos de conhecimento.</p> <p>No estudo de caso foram realizados testes de múltiplas variáveis para compreender os fenômenos. Como exemplo a associação de variáveis topográficas do terreno, arquitetônica e urbana da escola (espaço, forma e características), de materiais (propriedades físicas como a temperatura), entre outros. Ainda assim há espaço para realização de inúmeros outros testes.</p>
<p>20.</p>	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>A falha teórica observada e que pode resultar em uma solução ruim acontece devido à não tentativa de integrar a complexidade do modelo computacional a complexidade do ambiente de forma automatizada, deixando de promover uma integração que poderia apresentar resultados significativos.</p>
<p>21.</p>	<p>Tarefa: Avaliar como a lógica de grafo foi utilizada:</p> <p>A lógica entre as conexões dos grafos pode ser identificada em todas as etapas desta pesquisa. como exemplo pode ser citado, dentro do modelo, a relação entre as propriedades dos componentes (temperatura, material, volumetria, entre outros), quantitativos, as conexões entre nuvens de pontos, modelo 3D e ortomosaicos.</p> <p>Fora do modelo 3D, e dentro do problema da pesquisa podemos ainda citar as relações entre Governo, sociedade, pesquisadores, saúde pública, urbanismo, agentes epidemiológicos, disponibilidade e oferta de tecnológica, e assim por diante.</p>

Fonte: Autor

APÊNDICE C – Quadro avaliativo: Episteme da concretude da modelagem aplicada ao estudo de caso 03

<p align="center">1.</p>	<p>Tarefa: Identificar o problema.</p> <p>O problema que motivou o desenvolvimento deste estudo de caso foi a pandemia de Covid-19 que apresentou um rápido espalhamento pelo contato social.</p> <p>Outro problema exposto foi a pouca participação dos Arquitetos e urbanistas no estudo da saúde no espaço urbano para propor soluções espaciais testáveis para a cena da cidade como citado no podcast “<i>The Urbanization of Covid-19</i>” (2020), sobre pandemias focalizando as doenças infecciosas no espaço urbano e explicando por que os <i>outbreaks</i> do novo Coronavírus requerem um entendimento mais profundo das dinâmicas urbanas.</p> <p>Aqueles pesquisadores fizeram observar que o isolamento social e soluções para o fechamento das cidades, em casos de surto, poderiam ser investigados, dado que são duas medidas espaciais clássicas. Citam que, talvez fosse interessante à elaboração de vizinhanças vulneráveis para apoiar medidas de contenção urbana e socorro Emergencial nos casos de pandemia. Dito isso, torna-se válido avaliar essa proposta.</p>
<p align="center">2.</p>	<p>Tarefa: Criar hipóteses que resolvam o problema identificado.</p> <p>Hipótese 01: Dados secundários em Sistemas de Informação Geográfica relacionados à presença da população poderiam ser agregados por áreas censitárias de 2010, processados em decis, e sobrepostos de forma a proverem a indicação de áreas de maior presença humana. Estes dados seriam os clinográficos, viários, posteamto dos fornecedores de luz, e zoneamento. Eles permitiriam a observação de áreas de potências de transmissibilidade, sendo úteis no projeto de barreiras para protocolos sanitários ou na introdução de centros de ajuda médica acessíveis.</p> <p>Hipótese 02: O uso de “<i>Urban Network Analysis®</i>” (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) permitiria observar quais centralidades (<i>reach, closeness, betweenness, gravity</i> e <i>Straightness</i>) poderiam relacionar-se com o oferecimento de</p>

	<p>tratamentos intensivos em hospitais, compartilhamento de equipamentos das Unidades Básicas de Saúde, locação de menores e mais ajustados Hospitais de Campanha, dentre outras relações em que as centralidades justificassem o uso intensivo dos recursos.</p>
3.	<p>Tarefa: Testar as hipóteses considerando métodos exequíveis (tecnologia).</p> <p>Para testar as hipóteses foram utilizados computadores variados, o <i>software</i> ArcGIS®, Depth Map® e os dados de posteamento da companhia CEMIG que indicam as densidades populacionais e de comércio, indústria e serviços de forma mais atualizada (dados de 2018).</p>
4.	<p>Tarefa: Refutar ou validar as hipóteses através dos métodos:</p> <p>A hipótese 1 foi refutada pois o estudo demonstrou que não consegue capturar preditivamente as áreas de espalhamento da infecção por COVID-19, mesmo aproximando-se dos mapas das ocorrências de óbito e notificação de transmissão da trigésima primeira Semana Epidemiológica, apenas na conferência dos erros menores do processo de krigagem. As soluções pensadas para a separação do território foram rebatidas pelo impacto social que poderiam causar, interferindo com preconceitos causados pela segregação da população adoecida e pelos embates sociais relacionados.</p> <p>A hipótese 2 pareceu menos refutável, que foi a possibilidade de estabelecerem-se nas centralidades calculadas pelo <i>Urban Network Analysis</i>® (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) ao apoio médico-hospitalar, áreas para hospitais de campanha e Unidades de Saúde Básicas.</p>
5.	<p>Tarefa: Verificar se problema pode estar na estrutura do sistema, se os componentes estão ou não bem relacionados, danificados ou ausentes, e se a ele se aplicam todas as características sistêmicas.</p> <p>O problema não foi visto como estruturado imediatamente pela lógica da proximidade do contágio. A transmissão da carga viral era desconhecida, reduzindo</p>

	<p>os protocolos ao tradicional. A estrutura provável é muito aberta (em rede), com contatos intermunicipais, interestaduais, entre outros. Naquele momento não havia parâmetros para identificar estas ocorrências.</p> <p>O problema está relacionado ao arranjo dos componentes (informação e dados sobre transmissibilidade, contágio, dentro outros) pois eles não foram imediatamente identificados. No caso não se tratava de componentes danificados, mas ausentes. Informações que não foram narradas e que não poderiam se integrar à estrutura sistemática que estava sendo montada.</p> <p>É possível observar que no problema se aplicam todas as características sistêmicas, como por exemplo o ambiente (cidade de Belo Horizonte), a administração (governo), medidas de rendimento (número de infectados), dentre outros.</p>
6.	<p>Hipótese: O problema é causado por má administração, rendimentos baixos ou pouca precisão.</p> <p>Parte do problema foi gerada pela má administração do combate à pandemia e pelas poucas e controversas informações disponíveis no início do evento, o que gerou pouca precisão e baixo rendimento.</p>
7.	<p>Tarefa: Criar um modelo (físico, matemático etc.) e testar sua congruência com a situação problemática, verificando sua capacidade de prever soluções.</p> <p>Através do modelo desenvolvido (construção de mapas) foi possível aferir sua congruência com a situação problema da pesquisa, porém não foi possível verificar sua capacidade de prever questões associadas ao contágio da Covid 19 em Belo Horizonte. O número de variáveis (sistema complexo multiníveis) revelou-se maior do que estávamos prontos para tratar.</p>

8.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>Após a krigagem dos mapas foi possível observar que a sua sobreposição não representava as correlações multivariáveis, pois cada mapa apresenta narrativas de informações que possuem <i>links</i> externos ao sistema (modelo).</p>
9.	<p>Tarefa: Aferir se o problema pode ser emergente devido às relações internas e com o meio e demais sistemas.</p> <p>O problema apresenta características emergentes pois o espalhamento das bordas da cidade mistura urbano e rural, <i>locus</i> onde ocorrem as mutações do vírus. Este é um exemplo de uma situação emergente dentro do sistema. Outras emergências ocorrem devido a correlação dos componentes com fatores externos ao meio ambiente definido (governança, hierarquias, modos narrativos de comunicação social, dentre outros).</p>
10.	<p>Hipótese: O estudo da Emergência permite a identificação dos elementos causadores do problema e seu tipo de relação.</p> <p>Sim, por exemplo, o aumento da densidade populacional nos espaços urbanos e a disseminação de notícias falsas (<i>fakenews</i>).</p>
11.	<p>Tarefa: Anular algumas conexões dos componentes, verificando se o estado do sistema retrocede para o seu bom funcionamento.</p> <p>Não vou possível aplicar neste estudo de caso.</p>
12.	<p>Crítica radical: pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p>

	<p>A modelagem não conseguiu apreender a emergência de fenômenos interferentes sobre as informações que estavam fora do sistema modelado, como por exemplo a administração pública, a comunicação social, atitudes governamentais desassociadas nas suas três casas/poderes (legislativo, executivo e judiciário), dentre outros.</p>
13.	<p>Tarefa: Averiguar se o problema pode ter sido gerado pelo não acoplamento estrutural do sistema ao ambiente.</p> <p>Sim, pois os fenômenos emergentes mostraram um ambiente muito maior e mais complexo do que o que foi modelado.</p>
14.	<p>Hipótese: O problema advém da pouca plasticidade estrutural ou falta de maleabilidade e adaptação ao ambiente.</p> <p>O problema não vem da pouca plasticidade estrutural ou falta de maleabilidade e adaptação ao meio, mas sim da baixa capacidade de resposta do governo, dos pesquisadores e dos arquitetos e urbanistas em lidar com a pandemia.</p>
15.	<p>Tarefa: Identificar a existência de características autopoieticas e remover o sistema do meio, ou barrar e protegê-lo.</p> <p>O ambiente (cidade) é capaz de se autoconstruir e se autoadministrar, apresentando características autopoieticas. Porém, isolado, o modelo desenvolvido não possui essa característica pois não está conectado a sistemas que o permitam se retroalimentar automaticamente.</p> <p>Não é possível remover ou isolar o sistema. Após a coleta de dados no local foi possível criar e isolar o modelo computacional criado para a pesquisa.</p> <p>Destaca-se que modelo computacional gerado (mapas) não depende de atualizações externas frequentes, pois a coleta de dados é temporal. Se houver desejo de manter o modelo atualizado é necessário atualizar dinamicamente sua base de dados.</p>

16.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas (do modelo/sistema) vão resultar em soluções ruins.</p> <p>O modelo não foi concebido para se auto-organizar frente a variedade de emergências que envolvem a situação problema.</p>
17.	<p>Tarefa: Verificar se o problema revela um componente sistêmico que se relaciona com um número muito grande de variáveis no ambiente, o que revela a complexidade do Sistema.</p> <p>Após a realização do estudo (caso 03) foi possível aferir que o problema possui características sistêmicas, passando por seu ambiente, pelo sistema, sua fronteira e pelo observador. O grande número de variáveis torna o meio ambiente do sistema muito mais amplo e complexo do que para ele foi desenhado.</p>
18.	<p>Hipótese: É possível identificar o número de variáveis interferentes no sistema?</p> <p>Neste estudo (caso 03) atualmente não é possível identificar todas as variáveis que interferem no sistema, mas com o avanço da tecnologia e da teórica, talvez esse número possa ser ampliado.</p>
19.	<p>Tarefa: Elaborar testes de múltiplas variáveis e níveis (computação), buscando soluções de generalidade dos diversos campos de conhecimento.</p> <p>Foram realizados testes de múltiplas variáveis para compreender os fenômenos, como os cálculos de indicadores de mobilidade ativa, mas não foram utilizadas aquelas que imprimem a ele o grau de complexidade observado e que poderiam futuramente ser previstos e adequados. Como exemplo podemos citar as diversas narrativas que implicam na emergência de fenômenos já categoricamente mencionados.</p>

20.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>A falha teórica que pode resultar em uma solução ruim acontece devido à tentativa de generalizar o modelo com suas complexidades.</p>
21.	<p>Tarefa: Avaliar como a lógica de grafo foi utilizada.</p> <p>É possível identificar a ligação entre componentes que compõe os grafos (vértices e arestas) em todas as etapas de construção do modelo e no problema da pesquisa.</p> <p>Como exemplo pode ser citado a análise de redes através do <i>Tool box</i> do ArcGis®, análise de redes do <i>plugin Urban NetWork Analises</i>®, e a análise de redes do <i>space syntax</i>® e do Depth Map X®.</p>

Fonte: Autor

APÊNDICE D – Quadro avaliativo: Episteme da concretude da modelagem aplicada ao estudo de caso 04

<p align="center">1.</p>	<p>Tarefa: Identificar o problema.</p> <p>O problema identificado e que motivou o desenvolvimento deste estudo de caso, encontra-se no fato da tribo nômade Boliviana-Peruana (Uros) estar sofrendo interferências geradas pelo crescimento das cidades ao longo das margens do lago Titicaca, que aos poucos afetam seu modo de vida e geram perda da identidade da comunidade.</p>
<p align="center">2.</p>	<p>Tarefa: Criar hipóteses que resolvam o problema identificado.</p> <p>Hipótese 01: É possível identificar se há fatores sociais impactando os Uros? Hipótese 02: Há fatores bioquímicos afetando o modo de vida dos Uros? Hipótese 03: O modo de vida dos Uros (alimentação e construção) é sustentável?</p>
<p align="center">3.</p>	<p>Tarefa: Testar as hipóteses considerando métodos exequíveis (tecnologia).</p> <p>Para testar as hipóteses foram utilizados câmeras fotográficas, filmadoras, computadores diversos e o <i>software</i> Photoshop com o <i>plugin</i> de modelagem 3D Map Generator.</p>
<p align="center">4.</p>	<p>Tarefa: Refutar ou validar as hipóteses através dos métodos:</p> <p>A hipótese 1 foi validada pois através da visita ao local e da revisão bibliográfica foi possível identificar se há fatores sociais impactando os Uros (crescimento das cidades ao redor do lago, turismo, imigração, entre outros).</p> <p>A hipótese 2 foi verificada e através da pesquisa foi possível demonstrar que há fatores bioquímicos afetando o modo de vida dos Uros (contaminação da água</p>

	<p>por produtos químicos, diminuição da disponibilidade de alimentos como peixes e aves e escassez da Totora).</p> <p>A hipótese 3 foi parcialmente validada pois o sistema de arquitetura vernacular aplicada se integra ao ambiente de forma sustentável e, dentro do possível, atende as necessidades em relação a resistência e durabilidade. Mas apesar disto a modelagem demonstra que nesse sistema de vida que parece ameaçado e em extinção, é contraditoriamente não sustentável. O turismo colabora com o crescimento das cidades ao redor dos Uros, que aumentam a poluição das águas, contribuindo com urbanização descontrolada as margens do lago e com o desequilíbrio do bioma.</p>
5.	<p>Tarefa: Verificar se problema pode estar na estrutura do sistema, se os componentes estão ou não bem relacionados, danificados ou ausentes, e se a ele se aplicam todas as características sistêmicas.</p> <p>O problema encontra-se na estrutura do sistema, partindo do ambiente (lago Titicaca e cidades ao seu redor), em sua administração (governo e população), nas medidas de rendimento do sistema (qualidade de vida, oferta de alimentos, saúde, entre outros) em suas coações fixas (normas e regras) que acabam interferindo diretamente nos recursos dos sistemas, mostrando que os seus componentes não estão bem relacionados. Dentro desse cenário é possível identificar as características sistêmicas presentes no problema.</p>
6.	<p>Hipótese: O problema é causado por má administração, rendimentos baixos ou pouca precisão.</p> <p>Parte do problema foi gerada pela má administração do sistema, que não consegue aplicar políticas de proteção as águas do lago Titicaca, a fauna e flora locais e a população da ilha de Uros. Essa administração apresenta complexidades incomuns, pois o Lago Titicaca encontra-se entre 2 países e dezenas de pequenas cidades em sua volta, tornando adoção de políticas em larga escala de difícil execução. com isso o sistema apresenta baixo rendimento (qualidade de vida da população, oferta e disponibilidade de alimentos, saúde, entre outros).</p>

7.	<p>Tarefa: Criar um modelo (físico, matemático etc.) e testar sua congruência com a situação problemática, verificando sua capacidade de prever soluções.</p> <p>Através do modelo desenvolvido (revisão bibliográfica e modelo 3D), foi possível aferir sua congruência com a situação problema da pesquisa e verificar sua capacidade de prever questões associadas aos fatores sociais e bioquímicos que impactam os Uros (crescimento das cidades ao redor do lago, turismo, imigração, contaminação da água por produtos químicos, diminuição da disponibilidade de alimentos como peixes e aves e escassez da Totora). Além disso foi possível aferir questões associadas a sustentabilidade e o impacto que a nova realidade da população gera a região.</p>
8.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>Após a construção do estudo de caso foi possível pressupor que o estudo poderia ter tentado avaliar, embasado em uma referência bibliográfica mais ampla, as políticas promovidas pela administração do sistema em diferentes níveis (governo peruano, boliviano, prefeituras das cidades ao redor do lago, dentro outros).</p>
9.	<p>Tarefa: Aferir se o problema pode ser emergente devido às relações internas e com o meio e demais sistemas.</p> <p>O problema revela características emergente pois observa-se o fenômeno do comportamento de massas nos Uros, explicado por ser agrupamentos transitórios, espontâneos, as vezes imprevisíveis e em certa medida, desprovido de uma organização central, pois apesar de possuírem laços entre si, cada ilha possui as próprias regras. As decisões da comunidade afetam diretamente o ambiente em que vivem e seu entorno, interferindo, por exemplo, em sua dependência das cidades e de turistas.</p>

<p>10.</p>	<p>Hipótese: O estudo da Emergência permite a identificação dos elementos causadores do problema e seu tipo de relação.</p> <p>Sim, por exemplo, no abandono das ilhas, em massa, dos jovens em busca outras oportunidades, ou na variação da densidade populacional das ilhas, na perda da identidade cultural de alguns indivíduos (idioma e tradições) entre outros.</p>
<p>11.</p>	<p>Tarefa: Anular algumas conexões dos componentes, verificando se o estado do sistema retrocede para o bom funcionamento.</p> <p>Não foi possível aplicar no estudo (caso 04).</p>
<p>12.</p>	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>A modelagem não conseguiu apreender a emergência de fenômenos interferentes sobre as informações que estavam fora do sistema modelado, como por exemplo as atitudes governamentais, a colaboração de agências de pesquisas, relações entre o povo Uros e as comunidades das cidades em volta do lago, entre outros.</p>
<p>13.</p>	<p>Tarefa: Averiguar se o problema pode ter sido gerado pelo não acoplamento estrutural do sistema ao ambiente.</p> <p>Sim, pois a complexidade dos fenômenos do sistema apresenta um número de variáveis muito maior e mais complexo do que o que foi modelado.</p>

14.	<p>Hipótese: O problema advém da pouca plasticidade estrutural ou falta de maleabilidade e adaptação ao ambiente.</p> <p>O problema não vem da pouca plasticidade estrutural ou falta de maleabilidade, mas, aparentemente, está associado a adaptação ao ambiente devido as mudanças ocorridas neste durante as últimas décadas, quando ocorreu o crescimento das cidades ao redor do lago, gerando poluição, diminuição na disponibilidade de alimento e matéria prima e impactos sociais e culturais variados.</p>
15.	<p>Tarefa: Identificar a existência de características autopoieticas e remover o sistema do meio, ou barrar e protegê-lo.</p> <p>O sistema (Uros) apresenta características autopoieticas pois consegue se autoproduzir e autoadministrar, revelando assim como conseguiu sobreviver as invasões de outros povos indígenas, como a dos Incas, e a invasão Espanhola.</p> <p>Não é possível remover ou isolar a região do lago Titicaca e seu entorno, porém, após a coleta de dados no local foi possível criar e isolar os dados obtidos e o modelo computacional criado para a pesquisa. Destaca-se que o modelo gerado (modelo 3D e textos) não dependem de atualizações externas frequentes, pois a coleta de dados é temporal, porém, se houver desejo de manter o modelo atualizado é necessário abastecer sua base de dados frequentemente.</p>
16.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>O modo de vida dos Uros é singular e reservado. Há muitos dados que poderiam contribuir com a pesquisa e que não foram obtidos devido à dificuldade de comunicação com os habitantes, ou devido ao fato de eles manterem alguns ritos em segredo. Esses dados poderiam revelar fenômenos emergentes que não puderam ser catalogados na pesquisa.</p>

17.	<p>Tarefa: Verificar se o problema revela um componente sistêmico que se relaciona com um número muito grande de variáveis no ambiente, o que revela a complexidade do Sistema.</p> <p>Sim. Após a realização do estudo (caso 04) foi possível aferir que o problema possui características sistêmicas, passando por seu ambiente, pelos sistemas (e seus componentes), sua fronteira e pelo observador.</p> <p>O número de variáveis é imensurável, e cada variável possui algum valor representativo no sistema (algumas mais do que outras).</p> <p>É possível citar, por exemplo, as políticas das cidades localizadas ao redor do lago, a contaminação química do Titicaca, a migração da população jovem dos Uros para as cidades, dentre outros, que apresentam causas e consequências variadas e complexas.</p>
18.	<p>Hipótese: É possível identificar o número de variáveis interferentes no sistema?</p> <p>Neste estudo (caso 04) não foi possível identificar todas as variáveis que interferem no sistema, mas com o avanço da tecnologia e da teórica, talvez esse número, no futuro, possa ser ampliado e catalogado.</p>
19.	<p>Tarefa: Elaborar testes de múltiplas variáveis e níveis (computação), buscando soluções de generalidade dos diversos campos de conhecimento.</p> <p>No estudo de caso foram realizados testes de múltiplas variáveis para compreender os fenômenos. Como exemplo a associação de variáveis topográficas do terreno, arquitetônica e urbana das ilhas (espaço, forma e características), de materiais, entre outros. Ainda assim há espaço para realização de inúmeros outros testes.</p>

20.	<p>Crítica radical: Pressupor onde as falhas teóricas vão resultar em soluções ruins.</p> <p>A falha teórica que pode resultar em uma solução ruim aconteceu devido à não tentativa de integrar o modelo computacional ao ambiente, deixando de promover uma integração complexa no sistema que poderia apresentar resultados significativos.</p>
21.	<p>Tarefa: Avaliar como a lógica de grafo foi utilizada:</p> <p>A lógica entre as conexões dos grafos pode ser identificada em todas as etapas desta pesquisa. Como exemplo, pode ser citado, dentro do modelo, a relação e as propriedades dos componentes, altimetria, volumetria, topografia, materiais, entre outros.</p> <p>Fora do modelo computacional, e dentro do problema da pesquisa, podemos ainda citar as relações entre os governos das cidades ao redor do lago e da comunidade dos Uros, turistas, pesquisadores, saúde pública, urbanismo, assim por diante.</p>

Fonte: Autor