PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

João Pedro Garcia Araujo

A Central Nuclear de Angra dos Reis:

uma história do lugar e da transformação da paisagem

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Geografia, do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Alexandro Solórzano

Rio de Janeiro
junho de 2023

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

João Pedro Garcia Araujo

A Central Nuclear de Angra dos Reis:

uma história do lugar e da transformação da paisagem

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo:

Prof. Alexandro Solórzano
Orientador
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Prof.ª Ana Brasil Machado
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Fabio Rubio Scarano
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.ª Marcela Stuker Kropf
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Prof. Rafael da Silva Nunes
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 14 de julho de 2023

Todos os direitos reservados. A reprodução, total ou parcial, do trabalho é proibida sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

João Pedro Garcia Araujo

Possui graduação (2007) e mestrado (2009) em Ciências Biológicas pela UFRJ; especialização em Docência do Ensino Superior (2011) pela Universidade Veiga de Almeida – UVA; especialização em Gestão Ambiental e Economia Sustentável (2016) pela PUCRS; e especialização em Educação Ambiental para a Sustentabilidade (2018) pelo SENAC-SP. Foi professor da UVA entre 2011 e 2020, atuando em disciplinas ligadas à temática ambiental. Desde 2012 é biólogo da Eletronuclear S.A., onde trabalha com os temas gestão, monitoramento, educação e licenciamento ambientais.

Ficha Catalográfica

Araujo, João Pedro Garcia

A Central Nuclear de Angra dos Reis : uma história do lugar e da transformação da paisagem / João Pedro Garcia Araujo ; orientador: Alexandro Solórzano. – 2023.

278 f. : il. color. ; 30 cm

Tese (doutorado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia e Meio Ambiente, 2023.

Inclui bibliografia

1. Geografia e Meio Ambiente – Teses. 2. Brasil. 3. Geografia nuclear. 4. Paisagens energéticas. 5. Nuclearidade. 6. Teoria relacional do lugar. I. Solórzano, Alexandro. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. III. Título.

CDD: 910

Para minha mãe, Maria Helena. Apesar de todas as falhas e limitações deste trabalho, ela o teria achado “fantástico, brilhante!” e estaria muito orgulhosa. É uma pena não a ter mais aqui.

Para meu tio, Pedro Henrique, pelo incentivo e carinho. É uma grande alegria ainda tê-lo aqui para compartilhar este momento.

Agradecimentos

À Eletronuclear pela autorização para cursar o doutorado em concomitância com minhas atividades laborais, pelo apoio para realização dos trabalhos de campo e para participação em eventos acadêmicos. Em especial agradeço ao Ricardo Donato, por facilitar todo esse processo e compreender minhas ausências, e ao Ronaldo Oliveira, por disponibilizar valioso acervo fotográfico sobre a história da Central Nuclear.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro pela bolsa de isenção de mensalidade VRAC-I, sem a qual não teria sido possível cursar o doutorado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Alexandro Solórzano pela serenidade e confiança transmitidas durante a orientação, pela companhia em campo, e pela abertura à interdisciplinaridade pedida por esse trabalho.

À Ana Brasil, Diogo Cabral e Fabio Scarano pelas críticas e comentários feitos durante o exame de qualificação, que foram essenciais para direcionar melhor esta pesquisa. À Ana e ao Diogo agradeço ainda pelas excelentes aulas e profícuas discussões durante o doutorado. Ao Fabio agradeço pelas oportunidades de ministrar algumas aulas no Mestrado Profissional de Ciência da Sustentabilidade.

À Fernanda Mota de Oliveira, Maria Emília Frade de Mello e Stephanie Costa, pela gentileza, disponibilidade e eficiência com a qual atenderam minhas muitas solicitações de documentos presentes nos arquivos de suas respectivas instituições.

Ao Barry Solomon, Philip Johnstone e Martin Pasqualetti por disponibilizarem cópias de alguns de seus trabalhos.

Ao William Beaver pelas dicas e discussões sobre a história da Shippingport Atomic Power Station.

Ao Rafael Nunes pela parceria para a elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra.

A todas as pessoas que gentilmente cederam seu precioso tempo, compartilharam seus conhecimentos e suas memórias comigo nas entrevistas.

Ao Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio, especificamente ao Guilherme Rodrigues e à Marcia Coutinho, pelo apoio em todos os trâmites administrativos ao longo desses anos. Agradeço ainda à Rejane Rodrigues pela ajuda com o edital da Faperj para a concessão de diárias de campo.

Às Indústrias Nucleares do Brasil por autorizar visitas a suas unidades de Resende (RJ) e Caldas (MG). Deixo um agradecimento especial à Flávia Cristina Cordovil Pires, que ajudou na articulação das visitas, ao Adelino de Santi Júnior, José Alberto

Ribeiro Mendes e à Amália Eugênia Matavelli Rosa, ótimos anfitriões que me acompanharam em campo.

A todos os membros do Laboratório de Biogeografia e Ecologia Histórica da PUC-Rio pelas discussões instigantes durantes nossas reuniões; pelas críticas construtivas e incentivo ao desenvolvimento deste trabalho; e pela agradável companhia nos eventos acadêmicos e sociais.

À Milena Tourinho, Rogério Freire e Lina Madureira que cuidaram dos mais velhos da nossa família, permitindo que eu tivesse mais tranquilidade para me dedicar ao presente trabalho.

À Thais Orichio de Alencar pelo amor, companheirismo e paciência durante esta que foi uma das fases mais desgastantes de minha vida. Sua presença tornou tudo mais fácil.

Resumo

Araujo, João Pedro Garcia; Solórzano, Alexandro. **A Central Nuclear de Angra dos Reis: uma história do lugar e da transformação da paisagem**. Rio de Janeiro, 2023. 278p. Tese de Doutorado – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A energia nuclear no Brasil tem uma longa e rica história, que inclui complexos acordos comerciais internacionais, domínio tecnológico, segredos militares e um grande acidente radiológico. Entretanto, ela é pouco estudada por nossa Geografia, que poderia ampliar o debate sobre o tema para além das tradicionais perspectivas técnico-econômicas. Neste estudo tomamos como base a teoria relacional do lugar, a tipologia das paisagens energéticas e o conceito de nuclearidade para narrar as transformações socioespaciais ocorridas a partir da instalação da Central Nuclear em Angra dos Reis, bem como as conexões desse empreendimento com o ciclo do combustível nuclear. Utilizamos múltiplas metodologias, que incluem: análise documental; entrevistas semiestruturadas com especialistas; análise de séries históricas de imagens, incluindo a aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento; e trabalho de campo exploratório e confirmatório. Apresentamos os marcos iniciais na localização de reatores nucleares pelo mundo, para contextualizar os estudos realizados no Brasil que levaram à escolha da Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), para receber a primeira central nuclear do país. Essa escolha tornou Itaorna um lugar nuclear. A instalação da Central Nuclear em 1970 e sua expansão lenta e descontínua nas cinco décadas seguintes levou à uma série de alterações na composição do lugar e no seu grau de nuclearidade. Durante esse período o domínio do significado se manteve estável, enquanto os domínios da natureza e das relações sociais tiveram mudanças significativas, indicando transformações na paisagem. Estas devem ser entendidas dentro de um contexto mais amplo de transformações socioespaciais no município de Angra dos Reis, que inclui a ascensão (terminal de petróleo e Central Nuclear) e o declínio (matas carvoeiras) de paisagens energéticas. A Central Nuclear tornou-se um marco na paisagem, modificou a linha de costa e criou uma área de exclusão que permitiu, em certa medida, a regeneração da vegetação no seu entorno. Por

outro lado, estimulou o crescimento de um núcleo populacional em Mambucaba que reduziu a vegetação por lá. A paisagem energética da Central Nuclear é caracterizada por sua alta densidade energética, por sua dominância espacial e permanência temporal. A instalação da Central Nuclear ocorreu simultaneamente às instalações da Fábrica de Combustível Nuclear (Resende – RJ) e do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas (Caldas – MG). Esses três lugares se conectam por meio do ciclo do combustível nuclear e sua existência depende de fluxos de materiais (principalmente urânio), de pessoas e de recursos financeiros, que se estabelecem (ou se estabeleciam) entre eles. Essa interdependência diferencia as paisagens energéticas nucleares de outras, como aquelas formadas por hidrelétricas ou parques eólicos. As três paisagens nucleares possuem alta densidade energética. Dentre elas, o Complexo Mínero-industrial é responsável pela transformação mais profunda, maior dominância espacial e permanência temporal, enquanto a Fábrica de Combustível situa-se no outro extremo. A teoria relacional do lugar, a tipologia das paisagens energéticas, e o conceito de nuclearidade se revelaram uma base teórica robusta para o estudo das transformações socioespaciais no ciclo do combustível nuclear e constituem ferramentas promissoras para aplicação no planejamento energético.

Palavras-chave

Brasil; Geografia nuclear; Paisagens energéticas; Nuclearidade; Teoria relacional do lugar.

Abstract

Araujo, João Pedro Garcia; Solórzano, Alexandro (Advisor). **The Angra dos Reis Nuclear Power Station: a history of place and landscape transformation**. Rio de Janeiro, 2023. 278p. Tese de Doutorado – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nuclear power in Brazil has a long and rich history, including complex international trade agreements, technological dominance, military secrets, and a major radiological accident. However, it has received little attention from Brazilian Geography, which could broaden the debate on the subject beyond the traditional technical-economic perspectives. We applied the relational theory of place, the typology of energy landscapes, and the concept of nuclearity to describe the socio-spatial transformations that occurred after the establishment of the Nuclear Power Station in Angra dos Reis, as well as the connections of this enterprise with the nuclear fuel cycle. We used mixed methods that include: document analysis; semi-structured interviews with experts; analysis of historical series of images, including the application of Remote Sensing and Geoprocessing techniques; and exploratory and confirmatory fieldwork. We presented the initial milestones in the siting of nuclear reactors around the world, to put in context Brazilian studies that led to the selection of Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), to receive the first nuclear power plant in the country. This choice made Itaorna a nuclear place. The installation of the Nuclear Power Station in 1970 and its slow and discontinuous expansion over the next five decades led to a series of alterations in the composition of the place and in its degree of nuclearity. During this period, the domain of meaning remained stable, while the domains of nature and social relations had significant changes, indicating landscape transformations. These must be understood within a broader context of socio-spatial transformations in the municipality of Angra dos Reis, which includes the rise (petroleum terminal and Nuclear Power Station) and fall (charcoal forests) of energy landscapes. The Nuclear Power Station became a landmark, modified the coastline, and created an exclusion area that allowed, to a certain extent, the regeneration of the surrounding vegetation. On the other hand, it stimulated the growth of a population center in Mambucaba that reduced the

vegetation there. The energy landscape of the Nuclear Power Station is characterized by high energy density, spatial dominance, and temporal permanence. The establishment of the Nuclear Power Station took place simultaneously with the establishment of the Nuclear Fuel Factory (Resende – RJ) and the Planalto de Poços de Caldas Mining Plant (Caldas – MG). These three places are connected through the nuclear fuel cycle and their existence depends on flows of materials (mainly uranium), people and financial resources, which are (or were) established between them. This interdependence differentiates nuclear energy landscapes from others, such as those formed by hydroelectric plants or wind farms. The three nuclear landscapes have high energy density. Among them, the Mining Plant causes the deepest transformation, has greater spatial dominance and temporal permanence, while the Fuel Factory is located at the other extreme. The relational theory of place, the typology of energy landscapes, and the concept of nuclearity proved to be a robust theoretical basis for the study of socio-spatial transformations in the nuclear fuel cycle and constitute promising tools to be applied to energy planning.

Keywords

Brazil; Energy landscapes; Nuclear geography; Nuclearity; Relational framework of place.

Sumário

Introdução 20

1 Fundamentação teórica 23
1.1 Geografia Nuclear 23
1.2 O conceito de lugar de acordo com a teoria relacional de Robert Sack 29
1.3 Implicações da busca humana por energia: as paisagens energéticas 33
1.4 Nuclearidade 38

2 Metodologia 41
2.1 Área de estudo 41
2.2 Arquivos e dados 44
2.3 Entrevistas 47
2.4 Imagens e geoprocessamento 50
2.5 Trabalho de campo 54

3 Por que Angra dos Reis foi escolhida para receber a Central Nuclear? 57
3.1 Marcos iniciais na localização de reatores nucleares pelo mundo 57
3.2 Do Oiapoque ao Chuí: estudos para a instalação de usinas nucleares no Brasil entre 1960 e 1970 64
3.3 Um lugar chamado Central Nuclear 85

4 Formação e transformação da paisagem energética da Central Nuclear 106
4.1 Aspectos gerais das transformações socioespaciais em Angra dos Reis e Paraty na segunda metade do século XX 106
4.2 Paisagens energéticas não nucleares de Angra dos Reis na segunda metade do século XX 120
4.3 O entorno da Central Nuclear 134

5 Conexões entre lugares do ciclo do combustível nuclear no Brasil 184
5. 1 Um breve histórico do contexto brasileiro 184
5. 2 Resende: um lugar onde se produz combustível 188

5. 3 Caldas: um lugar onde se produziu minério 206

Conclusões 232

Referências bibliográficas 238

Apêndice A 278

Lista de figuras

Figura 1 – Ciclo do combustível nuclear. 25

Figura 2 – Teoria relacional do lugar situado na interseção dos três domínios (natureza, relações sociais e significado). 30

Figura 3 – Fluxo de elementos e interação entre as alças de cada domínio na teoria relacional do lugar. 30

Figura 4 – Dinâmica do lugar dentro de um sistema de lugares no espaço de acordo com a teoria relacional dos três domínios. 32

Figura 5 – Localização e área de influência direta da Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ). 42

Figura 6 – Áreas de interesse para mapeamento de uso e cobertura da terra nos municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ). 53

Figura 7 – Locais visitados durante o trabalho de campo nos distritos de Cunhambebe e Mambucaba, município de Angra dos Reis, e Tarituba, município de Paraty (RJ). 55

Figura 8 – Localidades no estado do Rio de Janeiro onde foram conduzidos estudos para instalação de usinas nucleares entre 1960 e 1970. 81

Figura 9 – Área a ser desapropriada (polígono amarelo) no distrito de Cunhambebe, Angra dos Reis (RJ), para a instalação da usina nuclear em Itaorna. 82

Figura 10 – Síntese dos estudos para a instalação de usinas nucleares no Brasil entre 1959 e 1970. 85

Figura 11 – Estrutura do lugar da Central Nuclear em 1970. 86

Figura 12 – Limites da Estação Ecológica de Tamoios e do Parque Nacional da Serra da Bocaina, Rio de Janeiro e São Paulo. 94

Figura 13 – Estrutura do lugar da Central Nuclear em 1985. 96

Figura 14 – Estrutura do lugar da Central Nuclear em 2021. 105

Figura 15 – Aspecto da Serra do Mar no município de Angra dos Reis (RJ) em 1958. Destaque para as bananeiras em primeiro plano. 108

Figura 16 – Cultivo de banana na encosta da Serra do Mar, município de Angra dos Reis (RJ), em 1958. 109

Figura 17 – Variação das populações urbanas e rurais de Angra dos Reis e Paraty (RJ) entre 1960 e 2010. 115

Figura 18 – Variação da área e do uso do solo em estabelecimentos rurais de Angra dos Reis e Paraty (RJ) entre 1960 e 2017. 117

Figura 19 – Estabelecimentos rurais de Angra dos Reis (RJ) por grupos de área total entre 1960 e 2017. 118
Figura 20 – Estabelecimentos rurais de Paraty (RJ) por grupos de área total entre 1960 e 2017. 119
Figura 21 – Produção de lenha e carvão vegetal nos municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ) entre 1949 e 1970. 121
Figura 22 – Depósito de carvão vegetal no município de Angra dos Reis (RJ) em 1958. 122
Figura 23 – Transporte de carvão vegetal por tropas de mulas no município de Angra dos Reis (RJ) em 1958. 123
Figura 24 – Caminhão observado no município de Rio Claro (RJ), em 1958, transportando carvão vegetal produzido em Angra dos Reis e destinado à Barra Mansa (RJ). 124
Figura 25 – Fornos de carvão tipicamente encontrados no sudeste do Brasil. 126
Figura 26 – Movimentação de petróleo e derivados no Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), município de Angra dos Reis (RJ), entre 1986 e 2022. 128
Figura 27 – Localização das áreas do Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), município de Angra dos Reis (RJ). 131
Figura 28 – Tanques de estocagem de petróleo e derivados na área principal do Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), município de Angra dos Reis (RJ), década de 2000. 131
Figura 29 – Tanques de estocagem de petróleo e derivados na área de serviços auxiliares do Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig) com píer ao fundo, município de Angra dos Reis (RJ), década de 2000. 132
Figura 30 – Dutos de transporte de petróleo e derivados próximos à área de serviços auxiliares do Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), município de Angra dos Reis (RJ), década de 2000. 132
Figura 31 – Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 1970, antes da construção da Central Nuclear. 137
Figura 32 – Praias Brava (esquerda) e Itaorna (direita), Angra dos Reis (RJ), no início da década de 1970, antes da construção da Central Nuclear. 137
Figura 33 – Construção da vila residencial de trabalhadores da Central Nuclear em Praia Brava, Angra dos Reis (RJ), 1972. 138
Figura 34 – Laboratório de Radioecologia de Furnas em Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), final da década de 1970. 138
Figura 35 – Uso e cobertura da terra na área de interesse de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 1966. 139

Figura 36 – Praia de Batanguera, Paraty (RJ), na década de 1970. 142

Figura 37 – Praia de Mambucaba, Paraty (RJ), década de 1970, antes da construção da vila residencial de Furnas. 143

Figura 38 – Uso e cobertura da terra na área de interesse de Mambucaba, limite entre os municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ), em 1966. 144

Figura 39 – Transformações no Morro da Ponta Grande (1) e no Saco Fundo (2), Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), ao longo da instalação da Central Nuclear. 145

Figura 40 – Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em dois momentos da instalação da Central Nuclear. Destaca-se a construção do quebra-mar. 146

Figura 41 – Edifício do reator das usinas nucleares Angra 1, Angra 2 e Angra 3 (inconcluso), construídos entre as décadas de 1970 e 2020 na Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ). O triângulo vermelho é a referência para comparação das imagens. 147

Figura 42 – Uso e cobertura da terra na área de interesse de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 2006. 149

Figura 43 – Propriedade particular com área descampada usada para criação de gado, observada na porção norte da Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), em 2022. 151

Figura 44 – Aspecto geral da floresta em regeneração na vertente sul das encostas de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 2022. 157

Figura 45 – Exemplo de árvores densamente epifitadas por trepadeiras no morro entre Itaorna e Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), em 2022. 157

Figura 46 – Grande deslizamento na Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), em 1985. Destaque para a formação de um pequeno aterro (1), o ponto de saída da água de resfriamento de Angra 1 (2), e a Rodovia BR-101 (3-4). 160

Figura 47 – Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), em dois momentos da instalação da Central Nuclear. Destaca-se a alteração da linha de costa em função do deslizamento de 1985. 161

Figura 48 – Uso e cobertura da terra na área de interesse de Mambucaba, limite entre os municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ), em 2006. 164

Figura 49 – Pastos observados no Chapéu do Sol, distrito de Tarituba, Paraty (RJ), em 2022. 165

Figura 50 – Aspecto geral das matas de encosta observadas no Chapéu do Sol, distrito de Tarituba, Paraty (RJ), em 2022. 167

Figura 51 – Exemplo de árvores densamente epifitadas por trepadeiras no Chapéu do Sol, distrito de Tarituba, Paraty (RJ), em 2022. 167

Figura 52 – Palmital observado no Chapéu do Sol, distrito de Tarituba, Paraty (RJ), em 2022. 168

Figura 53 – Bananeiras observadas na Boa Vista, distrito de Mambucaba, Angra dos Reis (RJ), em 2022. No centro destaca-se a ocupação do vale do Mambucaba. 170

Figura 54 – Geração de energia elétrica líquida pela Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ) entre 1982 e 2021 (as setas indicam o início da operação comercial das unidades 1 e 2, respectivamente). 173

Figura 55 – Usinas nucleares com a Subestação de Angra em primeiro plano, Angra dos Reis (RJ), 2001. 176

Figura 56 – Unidade de Armazenamento Complementar a Seco de Combustível Irradiado, Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ), 2021. 177

Figura 57 – Contribuição de fontes de energia primária nos cenários global e nacional entre 1970 e 2020. 182

Figura 58 – Ciclo do combustível no Brasil. 188

Figura 59 – Localização das instalações das Indústrias Nucleares do Brasil em Resende (RJ), Caldas (MG) e da Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ). 189

Figura 60 – Estrutura do lugar da Fábrica de Combustível Nuclear na década de 2020. 196

Figura 61 – Zonação da vegetação em encostas às margens de um braço do reservatório de Funil, Fábrica de Combustível Nuclear (Área Sul), Resende (RJ), 2022. 197

Figura 62 – Linhas de transmissão da Usina Hidrelétrica de Funil observadas no outro lado do reservatório, a partir da Área Sul da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ), 2022. 198

Figura 63 – Dique da Usina Hidrelétrica de Funil observado a partir da Área Norte da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ), 2022. 199

Figura 64 – Cortinas arbóreas ao redor da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ), 2022. 200

Figura 65 – Produção de urânio físsil em pastilhas pela Fábrica de Combustível Nuclear de Resende (RJ) entre 2016 e 2022. 201

Figura 66 – Unidades de reconversão, produção de pastilhas e enriquecimento isotópico da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ). 203

Figura 67 – Unidade de fabricação de componente e montagem de elementos combustíveis da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ). 203

Figura 68 – Estrutura do lugar do Complexo Mínero-industrial na década de 2020. 214

Figura 69 – Abertura da cava da mina do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), final da década de 1970. 215

Figura 70 – Bota-fora 4 do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. Vista lateral parcial. 216

Figura 71 – Cava da mina do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. 217

Figura 72 – Barragem de rejeitos do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. Vista a jusante. 217

Figura 73 – Barragem de águas claras do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. Vista a montante. 218

Figura 74 – Estruturas em desmantelamento na usina de beneficiamento do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. 219

Figura 75 – Produção de minério de urânio pelo Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), entre 1981 e 1995. 220

Figura 76 – Produção de urânio pelo Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), entre 1981 e 1995. 220

Figura 77 – Trecho do sistema de britagem primário e pilhas de minério britado no Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. 222

Figura 78 – Usina de beneficiamento do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG). 223

Figura 79 – O ciclo do combustível nuclear como meio técnico-científico-informacional. 231

Lista de tabelas

Tabela 1 – Perfil dos entrevistados. 48

Tabela 2 – Legenda de classificação adotada no mapeamento das áreas de interesse de Itaorna e Mambucaba. 53

Tabela 3 – Exportação de energia sob a forma de carvão vegetal das matas carvoeiras de Angra dos Reis (RJ) entre 1949 e 1970. 125

Tabela 4 – Energia movimentada pelo Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), Angra dos Reis (RJ), sob a forma de petróleo e derivados entre 1986 e 2022. 130

Tabela 5 – Classes de uso e cobertura da terra na área de interesse de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 1966 e 2006. 150

Tabela 6 – Estrutura da vegetação ao redor da Central Nuclear, Angra dos Reis (RJ), conforme levantamentos fitossociológicos realizados entre as décadas de 1990 e 2010. 156

Tabela 7 – Classes de uso e cobertura da terra na área de interesse de Mambucaba, limite entre os municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ), em 1966 e 2006. 164

Tabela 8 – Energia contida no urânio físsil e eletricidade gerada pela Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ) entre 2008 e 2021. 174

Tabela 9 – Comparação entre algumas paisagens energéticas de Angra dos Reis (RJ). 183

Tabela 10 – Energia contida no urânio físsil produzido pela Fábrica de Combustível Nuclear de Resende (RJ) entre 2016 e 2022. 202

Tabela 11 – Energia contida no urânio produzido pelo Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), entre 1981 e 1995. 221

Tabela 12 – Comparação entre paisagens energéticas do ciclo do combustível nuclear no Brasil. 228

Lista de abreviaturas

CBTN	Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear
Centena	Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental
Cnen	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CPI	Comissão Parlamentar de Inquérito
Ecotec	Economia e Engenharia Industrial Consultores
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
Feema	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (RJ)
IAEA	International Atomic Energy Agency
Ibam	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
MME	Ministério de Minas e Energia
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIN	Sistema Interligado Nacional
Tebig	Terminal da Baía de Ilha Grande
UAS	Unidade de Armazenamento Complementar a Seco de Combustível Irradiado

Introdução

No início da década de 1970 o governo brasileiro começou a construção da primeira, e até o momento única, central nuclear do país. Esse empreendimento foi instalado em Angra dos Reis, município fluminense caracterizado historicamente por suas funções portuária e pesqueira, mas que passaria por uma transformação socioespacial a partir da década de 1960 (MACHADO, 1995; CHETRY, 2018). Além da Central Nuclear, Angra receberia ainda um estaleiro de grande porte, um terminal petrolífero e seria conectada às metrópoles do Rio de Janeiro e de São Paulo pela Rodovia BR-101. A indústria e o turismo se tornariam atividades relevantes para economia municipal e também ocorreria um intenso processo de urbanização (MACHADO, 1995).

Tal transformação se dá em um município localizado entre a Serra do Mar e a Baía da Ilha Grande, com planície costeira pouco desenvolvida e linha de costa de traçado irregular, onde se alternam pontas rochosas, pequenas enseadas, baías e ilhas (BIZERRIL; COSTA, 2001). Angra abriga um grande remanescente de Mata Atlântica e cerca de 65% de seu território está inserido em unidades de conservação (JOHNSSON, 2015; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020). No município também estão presentes povos e comunidades tradicionais: há um quilombo, uma terra indígena da etnia Guarani M'Byá e 12 comunidades caiçaras (JOHNSSON, 2015).

Todo o contexto descrito acima torna Angra dos Reis um território propenso a lutas entre interesses opostos na disputa pelo controle de recursos naturais e pelo uso do meio ambiente comum, ou seja, propenso a conflitos socioambientais (CARVALHO; SCOTTO, 1995). Além disso, os grandes empreendimentos instalados no município, juntamente com outros elementos não humanos e humanos, estabeleceram redes sociotécnicas cujos movimentos constituíram, e ainda constituem, várias controvérsias (LATOUR, 2005; 2016).

Após ingressar em 2012 na Eletronuclear, empresa responsável pela Central Nuclear de Angra dos Reis, morei nas proximidades do empreendimento por três anos. Apesar de posteriormente ter voltado a residir na cidade do Rio de Janeiro, continuei visitando mensalmente aos arredores da Central Nuclear por motivos

profissionais. Essa vivência me permitiu conhecer um pouco da complexidade presente naquele território e despertou meu interesse pelo papel daquele empreendimento como agente de transformações socioespaciais.

Nesse sentido, a presente tese tem como objetivo geral construir uma narrativa sobre a transformação da paisagem sob influência da Central Nuclear de Angra dos Reis. Para tanto, definimos os seguintes objetivos específicos:

- Discutir a escolha do local para a instalação da Central Nuclear;
- Discutir o papel do lugar criado por esse empreendimento na transformação do espaço ao seu redor;
- Descrever a paisagem energética criada pela Central Nuclear;
- Discutir as conexões formadas entre lugares do ciclo do combustível nuclear no Brasil.

Visando atingir esses objetivos, esta tese foi estruturada da seguinte forma: no primeiro capítulo apresentaremos o enquadramento deste trabalho na nova subdisciplina da Geografia Nuclear (ALEXIS-MARTIN; DAVIES, 2017; JOHNSTONE, 2017) e a fundamentação teórica que embasará a narrativa da transformação da paisagem pela Central Nuclear. Destacam-se nessa última parte o conceito de nuclearidade (HECHT, 2006), a teoria relacional do lugar e suas conexões com o espaço (SACK, 1997), e a tipologia das paisagens energéticas (PASQUELETTI; STREMKE, 2018).

No segundo capítulo apresentaremos nossa área de estudo, que corresponde à porção oeste do município de Angra dos Reis e à porção leste do município de Paraty, sobre as quais se estabeleceu a influência da Central Nuclear. Será apresentada uma breve caracterização histórica e ambiental desses municípios, seguida pelas metodologias analíticas adotadas. Estas incluem: o levantamento e a análise de documentos históricos; a realização de entrevistas semiestruturadas com especialistas em diferentes áreas do conhecimento que possam contribuir para a interpretação da paisagem energética criada pela Central Nuclear; a utilização de um Sistema de Informação Geográfica para mapear transformações da paisagem longo das últimas décadas; e o trabalho de campo exploratório e confirmatório.

No terceiro capítulo discutiremos porque Angra dos Reis foi escolhida para receber a Central Nuclear, como se deu a criação desse lugar e as alterações

subsequentes em sua nuclearidade. A fundamentação teórica apresentada no capítulo anterior será aplicada em uma análise bibliográfica e documental com ênfase em documentos técnicos dos setores elétrico e nuclear brasileiros; correspondências entre as instituições envolvidas no processo decisório; e os instrumentos legais e normativos relacionados ao tema.

No quarto capítulo descreveremos a transformação da paisagem na área de influência da Central Nuclear. Nosso recorte temporal inicia-se na década de 1960, que antecede a construção das usinas, estende-se até os dias atuais e inclui algumas projeções para o futuro. Partimos de uma caracterização geral das transformações socioespaciais ocorridas em Angra dos Reis e Paraty na segunda metade do século XX. Em seguida, com base na tipologia de Martin Pasqualetti e Sven Stremke (2018), descrevemos paisagens energéticas não nucleares presentes nesses municípios, pontuando a transição entre elas. Finalmente, por meio de uma metodologia similar àquela apresentada por Jolanda de Jong e Sven Stremke (2020), analisamos como a Central Nuclear contribuiu para a transformação da paisagem de modo geral e para formação uma paisagem energética única no país.

No quinto capítulo discutiremos as conexões estabelecidas entre os lugares do ciclo do combustível nuclear no Brasil. Descreveremos como a Central Nuclear, a Fábrica de Combustível Nuclear e Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas mobilizaram elementos dos domínios da natureza, das relações sociais e do significado para constituir lugares muito peculiares e conectados pelo processo de geração elétrica termonuclear. Por meio da tipologia de Pasqualetti e Stremke (2018) analisaremos simultaneamente as paisagens energéticas associadas a esses lugares.

Por fim, apresentaremos as conclusões do trabalho. Esperamos que a construção da narrativa sobre a transformação da paisagem sob influência da Central Nuclear seja mais que um mero exercício acadêmico. Esperamos que o conhecimento produzido e a metodologia aplicada possam ser manejados, contribuindo com a gestão e o planejamento de uma eventual expansão da geração termonuclear para além das usinas de Angra dos Reis.

1 Fundamentação teórica

1.1 Geografia Nuclear

Desde a primeira demonstração dos raios X e sua potencial aplicação médica no fim do século XIX; passando pelas descobertas da radioatividade e de propriedades físico-químicas da matéria laureadas com vários prêmios Nobel no início do século XX; chegando ao assombro do mundo com as primeiras explosões nucleares e à geração elétrica na segunda metade daquele século (CLEVELAND; MORRIS, 2014), a energia contida no interior dos átomos tornou-se importante objeto de estudo, seja pelas suas diversas possibilidades de aplicação ou pelos riscos associados ao seu uso.

A Geografia não ficou alheia à relevância da energia nuclear: em 1951 Stephen Jones publicou o primeiro artigo sobre o tema no periódico Economic Geography (PASQUALETTI, 1985). Trata-se de um trabalho de revisão, onde o autor aborda limitações técnicas da tecnologia nuclear; custos da cadeia de suprimentos e da construção de usinas; aplicações dessa tecnologia em outras indústrias; possibilidades de rearranjos regionais em função da geração elétrica termonuclear; e fatores políticos relacionados ao uso da energia atômica (JONES, 1951). Cerca de 30 anos após o trabalho pioneiro de Jones, uma revisão da literatura com ênfase na produção americana apontou 170 publicações, divididas entre periódicos de geografia, energia, planejamento e especialidades correlatas (PASQUALETTI, 1986).

A partir da década de 1970, nos EUA e no Reino Unido cresce entre os geógrafos a preocupação com impactos ambientais da indústria nuclear. Desse período até a década de 1980, a escolha de local, os rejeitos radioativos, os riscos tecnológicos, a reação da população, e os planos de evacuação surgem como temas de estudos geográficos (PASQUALETTI, 1985). Após os acidentes de Three Mile Island (EUA, 1979) e Chernobyl (Ucrânia, 1986), os potenciais conflitos e restrições ao uso do solo devido à energia nuclear se tornam temas de especial interesse (SOLOMON, 1988). Nessa fase tardia da Guerra Fria, a Geografia também se debruçou sobre aspectos sociais, econômicos e de saúde dos piores

cenários hipotéticos após um eventual conflito nuclear (ALEXIS-MARTIN; DAVIES, 2017).

Entre o fim da década de 1980 e o início dos anos 1990, seja pelos acidentes ou pelo envelhecimento das primeiras usinas a entrarem em operação, também houve um crescente interesse pelo tema descomissionamento[1], que corresponde à fase final do ciclo de vida útil de uma instalação nuclear (*e.g*. PASQUALETTI, 1989; PASQUALETTI; ROTHWELL, 1993; PASQUALETTI; PIJAWKA, 1996).

No início da década de 2000, as questões da segurança energética e das mudanças climáticas criaram um ambiente político favorável ao uso e desenvolvimento da energia atômica, gerando a expectativa de um "renascimento nuclear", pois a construção de novas usinas vinha em declínio desde meados dos anos 1970. Contudo, já no início da década de 2010, antes mesmo do acidente na central de Fukushima (Japão, 2011), questionava-se a concretização desse "renascimento" (VAN DE GRAAFF, 2016). Ainda assim, o tema tornou-se objeto de estudos geográficos (*e.g*. GARCIER, 2009; JOHNSTONE, 2010).

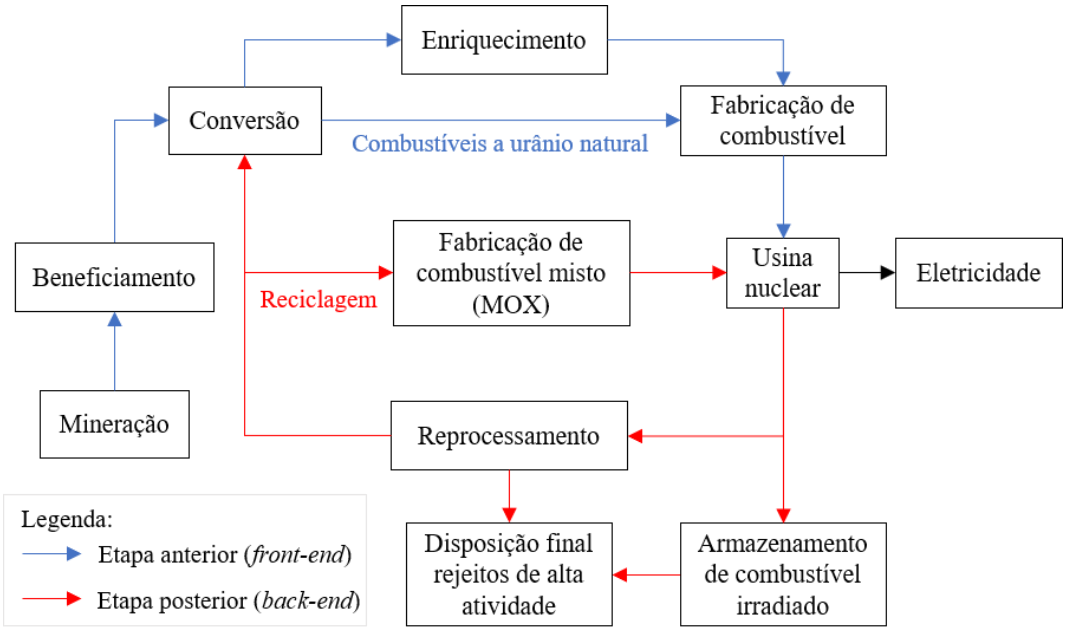
Embora a Geografia estudasse a energia nuclear desde os anos 1950, em 2017 são publicados dois trabalhos que buscam caracterizar uma nova subdisciplina denominada Geografia Nuclear. Becky Alexis-Martin e Thom Davies (2017) consideram-na uma área de fronteira, que possui interseções críticas com a Antropologia, a História, a Sociologia, entre outras disciplinas. Partindo do pressuposto de que a tecnologia nuclear interage com o espaço e o lugar em múltiplas escalas geográficas, esses autores apontam três sítios fundamentais para as discussões da nova subdisciplina: as zonas, como as de exclusão e as livres de radiação, por exemplo; os corpos, cujos ritmos e atividades diários podem ser afetados pela radiação em diversas circunstâncias, como em exames médicos ou em áreas industriais contaminadas; e as comunidades, que podem se organizar, se desenvolver e se estruturar de forma peculiar em função de suas interações com a energia nuclear.

[1] Compreende as "ações técnicas e administrativas destinadas à liberação de uma instalação do controle regulatório. Aplica-se ao término de operação da instalação, seja pelo fim de sua vida útil, ou no caso de retirada precoce de operação por acidente ou por decisão da organização operadora" (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2021, p. 13).

No segundo trabalho, Philip Johnstone (2017) ressalta que a análise geográfica pode contribuir para ampliar o debate político sobre energia nuclear para além das tradicionais perspectivas técnico-econômicas, desde que não negligencie as nuances que existem na grande variedade de atividades que compõem o ciclo do combustível nuclear. Nesse contexto, a Geografia Nuclear está assentada na utilização de conceitos-chave da Geografia para compreender de forma mais ampla as implicações dessas atividades.

De acordo com a International Atomic Energy Agency (2009), o ciclo do combustível nuclear pode ser definido genericamente como o conjunto de processos e operações necessário à manufatura do combustível; a irradiação desse material nos reatores; e o armazenamento, reprocessamento ou a disposição final do combustível irradiado. Do ponto de vista prático, a usina nuclear é a divisória entre as etapas anterior (*front-end*) e posterior (*back-end*) do ciclo (Figura 1).

Figura 1 – Ciclo do combustível nuclear.



Fonte: modificado de International Atomic Energy Agency (2009).

O urânio é um metal comum, amplamente espalhado pelos solos, rochas, rios e mares, embora em concentrações relativamente baixas. Nas jazidas esse elemento pode corresponder de 0,03% a 20% da composição do minério

(INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2011). O urânio natural é composto por três isótopos, presentes nas seguintes proporções: 99,3% de U^{238}, 0,7% de U^{235} e traços de U^{234}. Dentre eles, o U^{235} é o isótopo com características mais propícias à fissão nuclear (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2009).

Nesse contexto, o *front-end* consiste em extrair minérios uraníferos; beneficiá-los através de tratamento físico-químico para obter um concentrado de urânio; e, através do processo de enriquecimento, aumentar a concentração do isótopo U^{235} para uma faixa entre 3% e 5%[2]. Contudo, para viabilizar o aumento da concentração isotópica, o óxido de urânio (U_3O_8), um pó, deve ser convertido em hexafluoreto de urânio (UF_6), um gás. Após o enriquecimento o gás é novamente convertido em pó e prensado em altas temperaturas para formar pastilhas, as quais são empilhadas em varetas de liga metálica super resistente. O estágio de fabricação de combustível encerra-se com a organização dessas varetas em conjuntos denominados de elemento combustível (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2011).

Conforme o processo de geração termelétrica consome parte da energia contida nas pastilhas, os elementos combustíveis vão sendo gradativamente substituídos, iniciando o *back-end*, que corresponde ao gerenciamento do combustível irradiado. No começo dessa etapa os elementos combustíveis são transferidos do núcleo do reator para uma piscina especial, localizada no mesmo edifício, onde o processo de decaimento radioativo continua de forma controlada por alguns anos. Após esse período, os elementos combustíveis podem ser transferidos para uma unidade de reprocessamento ou para um local de armazenamento temporário.

O combustível usado possui 96% de urânio, 1% de plutônio e 3% de rejeitos de alta atividade radioativa (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2011). No estágio de reprocessamento os dois primeiros elementos são recuperados: o urânio pode ser encaminhado para as plantas de conversão, retornando ao *front-end*, e os óxidos mistos de urânio e plutônio (MOX) podem ser encaminhados para

[2] Alguns tipos de reatores nucleares utilizam como combustível de urânio contendo as concentrações isotópicas naturais, o que dispensa o estágio de enriquecimento.

plantas de fabricação de combustível misto. Tanto os rejeitos de alta atividade quanto o combustível irradiado que não é destinado ao reprocessamento devem ser encaminhados a um repositório final.

Embora nenhum país tenha implementado um repositório final até o momento, em termos logísticos não há urgência para essa implementação, pois os volumes de rejeitos de alta atividade e de combustível usado são relativamente pequenos. Adicionalmente, o decaimento radioativo prossegue durante o armazenamento temporário, facilitando o futuro manejo desses materiais (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2021a).

Os depósitos geológicos profundos, em rocha estável a centenas de metros de profundidade em relação ao nível do solo, há décadas são considerados pelos especialistas em gerenciamento de rejeitos como a melhor opção de repositório final (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2003). A Finlândia já está construindo uma dessas unidades, enquanto Suécia e França atravessam seus respectivos processos de licenciamento (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2020).

A energia nuclear no Brasil tem uma longa e rica história, que inclui, por exemplo, complexos acordos comerciais internacionais; o domínio da tecnologia de todo o ciclo do combustível nuclear; um programa militar secreto; e o maior acidente radiológico já ocorrido fora de uma instalação nuclear[3] (ANDRADE, 2006; CARVALHO, 2012; INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2013; KASSENOVA, 2014; SANTOS *et al.*, 2013). No entanto, diferentemente do observado na literatura anglófona, sobretudo americana e britânica, a energia nuclear é um tema ainda pouco explorado pela Geografia brasileira.

Levantamentos preliminares em três bases de dados (Scielo, Science Direct e Web of Science) com os termos “nuclear power”/“nuclear energy”, “geography” e “Brazil” ou seus equivalentes em português (“energia nuclear”, “geografia” e

[3] Trata-se do acidente de Goiânia, em 1987, quando dois homens invadiram as instalações abandonadas do Instituto Goiano de Radioterapia e levaram uma fonte radioativa contendo sais de cloreto de césio. A cápsula que isolava essa fonte foi desmontada e houve contaminação do ambiente, irradiação externa e contaminação interna de diversas pessoas. Parte do material foi vendida para um ferro-velho, ampliando a dispersão do elemento radioativo. O acidente resultou em quatro mortes, 112.000 pessoas monitoradas, sendo 249 contaminadas, e 3.500m³ de rejeitos radioativos (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1988).

"Brasil") não encontraram trabalhos que possam ser enquadrados na perspectiva atual da Geografia Nuclear (*sensu* ALEXIS-MARTIN; DAVIES, 2017; JOHNSTONE, 2017). Com a exclusão do termo "geography" ("geografia") foram encontrados apenas dois trabalhos, ambos relacionados ao planejamento de emergência da Central Nuclear de Angra dos Reis.

Corbiniano Silva e colaboradores (2017) discutem como dados geoambientais trabalhados em sistemas de informação geográfica (SIG) podem contribuir para o processo de tomada de decisão em uma emergência radiológica na Central. Já Luiz Augusto Manfré e colaboradores (2020) utilizam os SIG para caracterizar os assentamentos urbanos nas zonas de planejamento de emergência e analisam a adequação da malha rodoviária regional a esse planejamento. Guardadas as diferenças relativas à evolução tecnológica nos sistemas de obtenção e tratamento de dados, estes trabalhos estão mais próximos àqueles presentes na literatura anglófona das décadas de 1970 e 1980 (PASQUALETTI, 1985) do que àqueles produzidos pela Geografia Nuclear.

A escassez de conhecimento supracitada nos permitiu propor este estudo inédito de Geografia Nuclear, que tomará como base dois conceitos-chave da Geografia para construir uma narrativa sobre a transformação da paisagem ocorrida em Angra dos Reis a partir da instalação da Central Nuclear. Lugar e paisagem são conceitos polissêmicos (BESSE, 2014; HOLZER, 1999), característica que torna necessária a delimitação de seus respectivos significados no presente trabalho.

Contudo, antes de partirmos para as próximas seções, nas quais delimitaremos esses conceitos, devemos ressaltar que a fonte nuclear tem sido considerada fundamental nas estratégias de diversificação das transições energéticas para os países atingirem a descarbonização de seus sistemas elétricos (GUIMARÃES, 2020). Em alinhamento com essas estratégias, os dois últimos Planos Nacionais de Energia[4] preveem a expansão da geração elétrica termonuclear no Brasil (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA

[4] O Plano Nacional de Energia tem como objetivo o planejamento de longo prazo do setor energético brasileiro, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão do segmento nas décadas seguintes. Ele é composto por uma série de estudos que buscam subsidiar a formulação de políticas energéticas segundo uma perspectiva integrada dos recursos disponíveis (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, sem data).

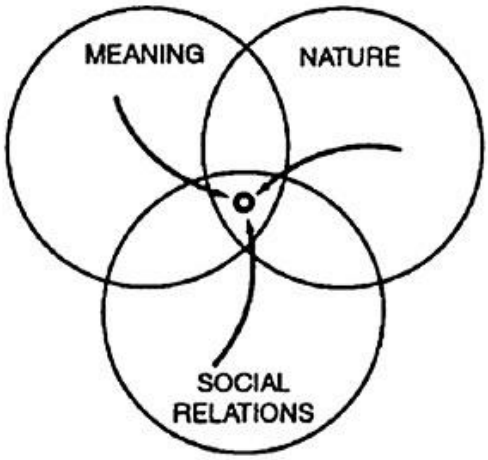
ENERGÉTICA, 2020), contexto que torna os estudos de Geografia Nuclear no país ainda mais necessários.

1.2 O conceito de lugar de acordo com a teoria relacional de Robert Sack

Dentro da perspectiva da Geografia Humanista, Robert Sack (1997) afirma que o espaço e o lugar atuam como forças que entrelaçam natureza e cultura, contribuindo para a constituição do ser (*self*), sendo fundamentais para nossa interação com o mundo. A partir dessa perspectiva, o autor propôs uma teoria relacional na qual o lugar (e, consequentemente, o ser) encontra-se na interseção de três domínios: a natureza, as relações sociais e o significado (Figura 2). O primeiro domínio representa não apenas o ambiente (natural ou construído) que nos cerca, como também nosso próprio corpo, com todos os seus complexos processos biológicos, físicos e químicos. Já o segundo domínio define os privilégios e responsabilidades que nós temos em relação aos outros, os quais determinam papéis sociais e normas de conduta que ajudam e limitam nossas ações. Por fim, o terceiro domínio é onde ocorre a gênese dos pensamentos, que, por sua vez, norteiam as relações sociais e nossa construção da natureza. O autor sintetiza a relação dialética entre lugar e ser da seguinte forma: “lugares restringem e permitem nossas ações e nossas ações constroem e mantêm lugares” (SACK, 1997, p. 13).

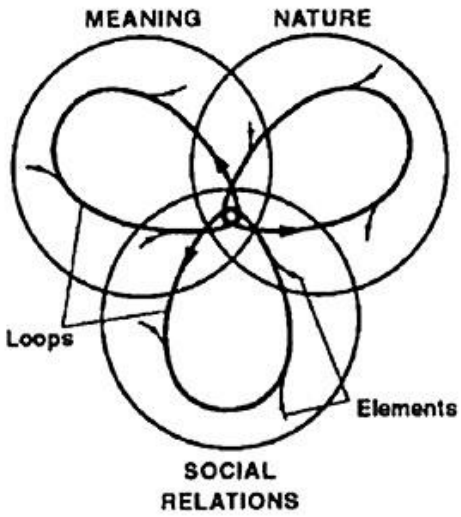
O lugar atua, então, como um agente causal que atrai elementos dos três domínios, os emaranha, os altera e os libera. Essa dinâmica forma um circuito com três alças, cada uma delas associada a um domínio (Figura 3). Apesar desta associação, as alças criam fluxos que atravessam os domínios, possibilitando a interação entre elementos de domínios distintos (SACK, 1997).

Figura 2 – Teoria relacional do lugar situado na interseção dos três domínios (natureza, relações sociais e significado).



Fonte: Sack (2001).

Figura 3 – Fluxo de elementos e interação entre as alças de cada domínio na teoria relacional do lugar.



Fonte: Sack (2001).

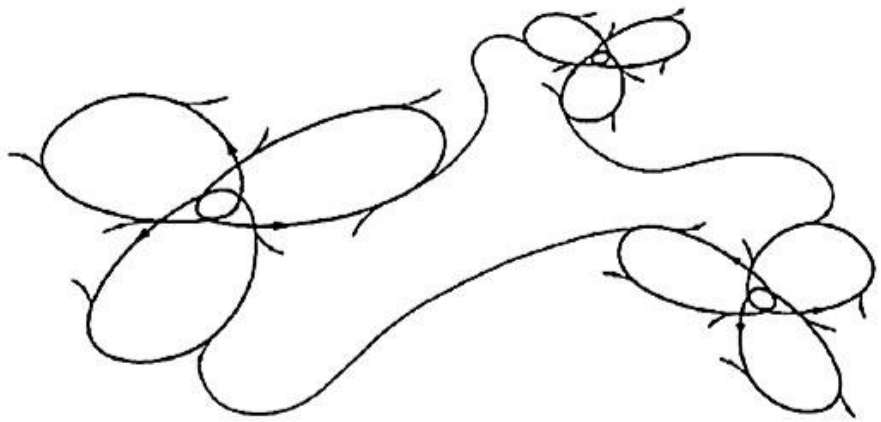
A alça dentro/fora do lugar está associada ao domínio das relações sociais e determina as regras daquele lugar, isto é, o que é socialmente permitido e proibido fazer ali; o que o lugar inclui e o que ele exclui. A alça da interação espacial está associada ao domínio da natureza e é a responsável por conectar espacialmente

pessoas, objetos (naturais ou construídos), relações sociais e significados, de maneira a formar um lugar. Sem a interação espacial não há lugar, há apenas pessoas e objetos no espaço, afetados pela distância. Contudo, podem existir interações espaciais que não envolvem pessoas, porque as primeiras são também uma propriedade da natureza. Mudanças nas interações espaciais podem afetar as regras do lugar e vice-versa. Por fim, associada ao domínio do significado, temos a alça superfície/fundo ou aparência/realidade, pela qual os elementos dos demais domínios são simbolizados. Na medida em que as interações espaciais e as regras do lugar organizam nosso mundo, formando paisagens, o questionamento acerca da veracidade das paisagens é feito por meio da superfície/fundo. É por meio desta alça que nos perguntamos se aquilo que vemos corresponde ao real ou se o real está sob a superfície aparente; ela é fruto, portanto, de uma consciência acerca dos outros domínios (SACK, 1997).

Nesse contexto, todo lugar é formado, em diferentes proporções, por elementos dos três domínios. Quanto maior for o número de elementos de cada domínio em um dado lugar, mais denso (*thick*) ele é. Inversamente, quanto menor for o número destes elementos, mais rarefeito (*thin*) é o lugar. Isto significa dizer que lugares que possuem múltiplos usos e significados são mais densos, ao passo que lugares que possuem usos e significados específicos são mais rarefeitos. Geralmente, à medida em que vai ocorrendo uma rarefação dos lugares, aumenta a necessidade de circulação das pessoas, pois cada lugar supre apenas parcialmente as diversas necessidades de cada um. Esse fluxo forma uma rede cujos nós são os lugares (Figura 4). É importante ressaltar que os conjuntos de elementos que formam um lugar variam ao longo do tempo, tornando os lugares dinâmicos (SACK, 1997).

A estrutura e a dinâmica do lugar propostas na teoria relacional operam em todas as escalas e em lugares de qualquer tamanho: seja um cômodo de uma casa ou um estado-nação, por exemplo. Isso significa que a atração, o emaranhamento e a transformação exercidos pelo lugar sobre os elementos de cada domínio independem tanto do tamanho quanto da posição do lugar na hierarquia espacial. Entretanto, ainda que a escala não afete sua funcionalidade, a posição na hierarquia é capaz de determinar quais elementos irão compor as alças de um lugar (SACK, 2001).

Figura 4 – Dinâmica do lugar dentro de um sistema de lugares no espaço de acordo com a teoria relacional dos três domínios.



Fonte: Sack (2001).

Embora o foco da teoria relacional dos três domínios seja o lugar, ela relaciona este a outros dois conceitos-chave da Geografia: o espaço e a paisagem. Para Sack (2001) é um equívoco considerar o espaço como uma construção social, papel que cabe ao lugar. O espaço tem apenas um sentido físico: ele é a vastidão, a amplitude, o terreno com seus elementos naturais (montanhas, rios, vales, florestas etc.). É a partir de uma delimitação física, social e simbólica do espaço que os humanos constroem os lugares. Nesse contexto, a paisagem é a aparência, a superfície do lugar, que é formada pelos fluxos das alças das regras sociais e da interação espacial. E essa aparência, como nos lembra Paul Claval (2004), pode mentir. Por meio da alça do significado podemos questionar a autenticidade do lugar: ele é simplesmente aquilo que é visível na paisagem ou há elementos propositalmente escondidos? Esse tipo de questionamento auxilia na interpretação da paisagem (SACK, 1993).

Outro ponto de destaque da teoria relacional dos três domínios é o pressuposto de que o ser humano é um ser geográfico, ou *Homo geographicus*, para o qual virtualmente todo empreendimento ou projeto depende da construção de lugares (SACK, 2001). Aplicando este pressuposto aos cerca de 300.000 anos[5] de existência e ao cosmopolitismo da nossa espécie, é natural deduzirmos que

[5] Idade estimada por Richter e colaboradores (2017) para fósseis de *Homo sapiens* encontrados em Jebel Irhoud, Marrocos.

praticamente não há mais espaço da superfície terrestre que não faça parte de algum lugar. Assim, quando criamos lugares atualmente, estamos, de fato, substituindo lugares mais antigos por outros mais recentes (SACK, 2001). Trata-se de um processo histórico contínuo, cuja compreensão é capaz de contribuir para estudos da transformação da paisagem.

As aplicações e os riscos associados à energia nuclear, tanto no seu uso pacífico quanto militar, contribuem para a criação de lugares densos, que mobilizam elementos dos três domínios. No caso de uma usina termonuclear, o urânio, a legislação específica e a aceitação pública são exemplos de elementos mobilizados nos domínios da natureza, das relações sociais e do significado, respectivamente. Optamos por usar o conceito de lugar de Robert Sack (1997, 2001) para interpretar a transformação da paisagem ao redor da Central Nuclear de Angra dos Reis justamente porque ele permite identificar esses elementos e mapear as múltiplas relações estabelecidas entre eles. Adicionalmente, acreditamos que esse conceito também contribui para discutir a rede geográfica formada a partir dos lugares do ciclo do combustível nuclear no Brasil, pois na teoria relacional a estrutura e a dinâmica do lugar operam em múltiplas escalas.

A seguir, delimitaremos o conceito de paisagem adotado no presente trabalho.

1.3 Implicações da busca humana por energia: as paisagens energéticas

A energia sempre foi um elemento fundamental ao desenvolvimento da vida na Terra, regulando os ambientes e impondo limites à performance dos seres vivos. Nesse sentido, Vaclav Smil (2004) afirma que a história pode ser vista como uma busca pelo aumento da complexidade possibilitado pelo controle de fluxos energéticos cada vez maiores. Para o autor, a evolução da espécie humana pode ser dividida em “eras energéticas”, em função dos motores e das fontes de calor/energia predominantes. A mudança entre essas eras corresponde a uma transição energética, a qual introduz motores mais poderosos e flexíveis e maneiras mais eficientes de conversão de energia.

Em uma análise de larga escala temporal, nota-se que a duração das eras energéticas vem diminuindo, o ritmo das grandes transições vem se acelerando e a distribuição espacial dessas mudanças é heterogênea. Por exemplo: a era da força muscular humana iniciou-se com o surgimento da nossa espécie há aproximadamente 300.000 anos e durou até cerca de 10.000 anos atrás, quando começou a transição pelo uso do fogo e de animais de tração. Já a era do carvão mineral na Inglaterra iniciou-se entre os séculos XVI e XVII e durou apenas até o final do século XIX, quando começou a transição pelo uso da eletricidade e do petróleo. Diferentemente da Inglaterra, alguns países periféricos ainda não haviam conseguido concluir essa última transição no início do século XXI (SMIL, 2004).

Cada era e cada transição energéticas imprimiram/imprimem marcas específicas na paisagem. Esta pode ser considerada a estrutura espacial resultante da interação entre processos naturais e atividades humanas, onde estão associadas ações passadas e presentes, onde estão acumulados diferentes tempos. A paisagem é produto da coevolução entre pessoas e ambientes sendo, portanto, um conceito adequado ao entendimento da relação sociedade-natureza (OLIVEIRA; ENGEMANN, 2011).

Algumas das marcas impressas na paisagem por nossas necessidades energéticas são mais superficiais e tornam-se sutis com o passar do tempo. É o caso da produção de carvão vegetal no Maciço da Pedra Branca, município do Rio de Janeiro, entre o século XIX e meados do século XX (FRAGA; OLIVEIRA, 2012; OLIVEIRA, 2015). Principal combustível utilizado na cidade nesse período, o carvão era produzido por escravizados alforriados e pequenos agricultores, que cortavam as árvores e as deslocavam para platôs no meio da mata. Nesses locais as toras eram organizadas em grandes cones vazados recobertos com barro, os quais funcionavam como fornos rústicos, permitindo a queima controlada da lenha e sua conversão em carvão. Mais de um século depois, a regeneração da floresta nas áreas carvoeiras foi significativa e não se observaram efeitos ecológicos negativos expressivos dessa atividade. Embora a derrubada das árvores tenha alterado parcialmente a composição da floresta, reduzindo a biodiversidade vegetal e deixando marcas na paisagem, a estrutura e a funcionalidade da mata foram significativamente recuperadas ao longo do tempo (OLIVIERA, 2015).

Outras marcas, no entanto, são profundas e não esmaecem com o passar do tempo. É o caso da Usina Hidrelétrica de Itaipu, localizada no oeste paranaense, na fronteira entre Brasil e Paraguai. Construído entre as décadas de 1970 e 1980, esse empreendimento representou a implantação de uma barragem de aproximadamente 8.000m de extensão por 200m de altura; a criação de um reservatório com área de 135.000ha e volume de 29.000.000.000m³; e culminou no reassentamento de cerca de 40.000 pessoas. Estudos geológicos apontam que a vida útil da usina, em função do assoreamento do reservatório, é de no mínimo 200 anos (ITAIPU BINACIONAL, 2010), o que nos dá uma estimativa da permanência dessas marcas.

Tomemos apenas um dos 15 municípios paranaenses lindeiros ao lago de Itaipu, para exemplificar como os expressivos números indicados no parágrafo anterior se traduzem em transformações na paisagem: em Guaíra houve a submersão das Sete Quedas, um conjunto de cascatas que representava um atrativo natural com alto potencial turístico. Além dos impactos ecológicos oriundos da transformação de um ambiente lótico em lêntico e do alagamento de terra firme, a submersão estimulou um novo arranjo espacial no município, com novos ritmos de organização econômica, política, social, cultural e ambiental. Entre meados das décadas de 1980 e 2000, por exemplo, o PIB per capita praticamente dobrou e houve aumento no número de empregos formais, com destaque para a indústria e os serviços, setores mais incipientes antes da construção da hidrelétrica (SOUZA; SILVA, 2011). Por outro lado, parte dos agricultores guairenses expropriados ficou desnorteada após a formação do lago, migrando para o Paraguai e a Amazônia, onde não conseguiram se restabelecer de fato. A submersão das Sete Quedas causou também a perda de referenciais afetivos e de espaços de convivência, de partilha de experiência, e de sociabilidade em Guaíra (SANTOS, 2006).

A floresta dos carvoeiros no Rio de Janeiro e o lago da hidrelétrica de Itaipu no Paraná são dois exemplos do que diferentes grupos de autores têm denominado recentemente de paisagens energéticas (*e.g.* FRANTÁL; PASQUALETTI; VAN DER HORST, 2014; HOWARD *et al*., 2013; PASQUELETTI; STREMKE, 2018). No presente trabalho, utilizaremos a definição de Martin Pasqualetti e Sven Stremke (2018), para quem paisagens energéticas são paisagens culturais[6]

[6] Dentro da polissemia do conceito, há autores, como Carl Sauer (1998), que distinguem paisagens naturais e culturais. Nessa perspectiva, as primeiras têm sua origem em fatores geognósticos e

resultantes do comissionamento de recursos energéticos para sustentar a vida humana, nas quais espaço e sociedade são co-construídos a partir de uma série de relações materiais e sociais.

Optamos por essa definição devido à sua completude: ela se baseia em uma ampla revisão da literatura, onde são discutidas outras definições disponíveis; busca alinhar o discurso e a prática acadêmicos às políticas energéticas, aos processos de tomada de decisão, aos arcabouços legais e ao design ambiental; e ainda fornece um quadro teórico para categorizar e comparar diferentes tipos de paisagens energéticas (PASQUELETTI; STREMKE, 2018).

Para criar esse quadro, os autores estabeleceram previamente as seguintes convenções:

> • Todos os tipos de paisagem energética se originam de atividades diretamente ligadas ao desenvolvimento energético (como campos de poços de petróleo) e excluem aquelas indiretamente relacionadas (como as fábricas que produzem bombas para extração de petróleo).
>
> • Paisagens energéticas construídas para acessar fontes de energia convencionais tendem a ser extrativistas, enquanto as paisagens de energias renováveis tendem a ser suplementares (em relação à tecnologia e outras infraestruturas).
>
> • Fontes de energia renováveis, como os ventos e o sol, possuem baixa densidade energética e, portanto, normalmente necessitam de mais terras por unidade final de energia gerada.
>
> • Os comportamentos do público em relação às paisagens energéticas são propensos a mudar com o tempo. Algumas das paisagens energéticas que enfrentaram oposição pública durante sua construção agora estão listadas como sítios do Patrimônio Mundial pela UNESCO.
>
> • Paisagens energéticas convencionais, especialmente a nuclear, possuem maior permanência que paisagens de energias renováveis.
>
> • Paisagens de energias renováveis guardam maior potencial de uso pós-energético, porque a contaminação dos sítios geralmente é menos intensa, além de muitas intervenções serem de natureza reversível (PASQUALETTI; STREMKE, 2018, p. 98, tradução nossa).

A partir dessas convenções, os autores propõem três categorias primárias e aninhadas (hierarquicamente inclusivas) para uma tipologia das paisagens energéticas. São elas:

---

climáticos, isto é, independem da agência humana para sua formação. Já as últimas são formadas a partir da agência humana sobre paisagens naturais. Na definição de Olivera e Engemann (2011), que apresentamos anteriormente, tal distinção não faz sentido, visto que a paisagem é resultado da interação entre processos naturais e atividades humanas.

> 1. Qualificação substantiva: o tipo de recurso energético influencia diretamente a aparência física da paisagem energética. A densidade energética pode ajudar a organizar melhor os diferentes tipos de paisagem energética. Ela pode variar de relativamente baixa (*e.g.* biomassa) a relativamente alta (*e.g.* mina de urânio).
>
> 2. Qualificação espacial: a aparência das paisagens energéticas é determinada pela extensão espacial e dominância visual da infraestrutura de energia. Em alguns casos, a infraestrutura constitui um dentre muitos componentes da paisagem (*e.g.* aerogeradores). Em outros casos, o desenvolvimento energético é o único uso do solo e a paisagem energética pode ser considerada uma entidade (*e.g.* mina de carvão a céu aberto).
>
> 3. Qualificação temporal: o grau de permanência das paisagens energéticas, como outras paisagens, pode variar de relativamente dinâmico (devido a tecnologias de ciclo de vida curto e à reversibilidade das intervenções) a permanente (mudanças manifestadas quase indefinidamente) (PASQUALETTI; STREMKE, 2018, p. 99, tradução nossa).

Contudo, estas não são as únicas qualificações possíveis das paisagens energéticas. Elas também podem ser qualificadas em função do principal agente atuante em seu desenvolvimento (*e.g.* comunidades locais, empresas, governos), do seu nível de independência energética (paisagem importadora ou exportadora de energia), e do seu estágio na cadeia de produção da energia (extração, processamento, transporte, geração, transmissão e tratamento de resíduos) (PASQUALETTI; STREMKE, 2018).

De acordo com Martin Pasqualetti (2001), do ponto de vista histórico, a relação entre as pessoas e as paisagens energéticas pode ser, grosso modo, dividida em quatro períodos: tolerância, separação, mitigação e unificação. No primeiro período os impactos físicos às paisagens, como a poluição do ar e os incêndios que afetavam povoados próximos a minas de carvão, eram tolerados devido à necessidade de energia para o desenvolvimento econômico. O desenvolvimento tecnológico (*e.g.* transporte de carga em ferrovias, oleodutos/gasodutos e linhas de transmissão elétrica) conduziu ao período seguinte, no qual se tornou possível, ao menos para grupos sociais dominantes, viver longe, separar-se dos impactos da produção de energia e, ao mesmo tempo, aproveitar os benefícios desse insumo em um local relativamente seguro.

O crescimento populacional foi tornando a separação espacial entre locais produtores e consumidores de energia mais difícil. Tal fato, associado a uma nova percepção pública acerca das paisagens energéticas, caracteriza o terceiro período, o qual é marcado pelo desenvolvimento de estratégias de mitigação dos impactos

ambientais do setor energético, como tecnologias para controlar os poluentes em emissões gasosas de usinas térmicas e para prevenir explosões em poços de petróleo; soluções de arquitetura e paisagismo para esconder ou camuflar estruturas de perfuração, reduzindo seu impacto visual; e até mesmo a substituição de combustíveis mais poluentes por outros menos poluentes. Finalmente, no último período observamos a unificação das necessidades energéticas e ambientais, o que se caracteriza pela busca de equilíbrio entre demanda e fornecimento de energia; pela redução e melhor aproveitamento das terras convertidas em paisagens energéticas; e pelo aumento do uso de opções energéticas sustentáveis (PASQUALETTI, 2001).

O quadro teórico proposto por Pasqueletti e Stremke (2018) para o estudo das paisagens energéticas é relativamente novo e, até o momento, foi aplicado integralmente apenas uma vez: Jolanda de Jong e Sven Stremke (2020) utilizaram-no para analisar a evolução de paisagens energéticas no oeste dos Países Baixos, entre a Baixa Idade Média e o presente. Os autores consideraram o quadro útil para estudar de forma sistemática a transformação da paisagem em escala regional.

Embora escala temporal do presente trabalho seja muito menos extensa do que aquela utilizada por de Jong e Stremke (2020), restringindo-se aos séculos XX e XXI, acreditamos que esse quadro teórico também seja útil à construção de uma narrativa sobre a transformação da paisagem sob influência da Central Nuclear de Angra dos Reis. Esse quadro ainda nos permite comparar as diferentes paisagens energéticas criadas pelos lugares do ciclo do combustível nuclear no Brasil, trazendo subsídios à discussão sobre a rede geográfica formada por eles.

Por fim, apresentaremos o conceito de nuclearidade (HECHT, 2006; 2007), o qual fornece uma base ontológica para os lugares do ciclo do combustível nuclear, facilitando tanto a construção da narrativa sobre a transformação da paisagem quanto a discussão acerca da rede geográfica mencionadas anteriormente.

1.4 Nuclearidade

De acordo com Gabrielle Hecht (2006), após o fim da Segunda Guerra Mundial e ao longo da Guerra Fria os blocos opositores passaram a fomentar uma

noção de “excepcionalidade nuclear”, devido ao poder geopolítico conferido pelos armamentos nucleares. Essa noção influenciou orçamentos e prestígio na pesquisa científica e no desenvolvimento tecnológico: projetos ditos nucleares foram privilegiados em detrimento daqueles considerados “convencionais”, isto é, não nucleares. O surgimento do ativismo antinuclear e suas denúncias sobre os novos riscos associados a essa tecnologia contribuiu para fortalecer essa excepcionalidade, que se mantém até os dias de hoje (HECHT, 2006). Na indústria nuclear, por exemplo, classificamos os sistemas das usinas em nucleares e convencionais, e elaboramos planos para emergências nucleares e químicas separadamente.

Esse contexto favoreceu o surgimento de uma ontologia própria para os objetos nucleares, que é carregada de aspectos políticos, econômicos e culturais, afetados por um discurso moral maniqueísta, no qual a tecnologia nuclear é considerada como salvação ou perdição (HECHT, 2006). No entanto, essa complexidade ontológica muitas vezes dificulta a classificação de um objeto como nuclear. Hecht (2007) se pergunta quais devem ser os critérios utilizados nessa classificação: científicos, técnicos, políticos, sistêmicos? Trata-se exclusivamente de uma dicotomia entre nuclear e convencional? Para lidar com essas questões, a autora propôs o conceito de nuclearidade, que é o grau em que um objeto conta como nuclear. A nuclearidade é um espectro tecno-político que muda no tempo e no espaço e não permite uma definição simples e clara em termos científicos. É, portanto, uma condição histórica e geográfica tanto quanto científica e política (HECHT, 2006). Complementando essa definição, a autora faz a seguinte colocação:

> A *radiação* é um fenômeno físico que existe independentemente de como ele seja detectado ou politizado. A *nuclearidade* é um fenômeno *tecno-político* que emerge de configurações políticas e culturais de objetos técnicos e científicos, das relações sociais nas quais o conhecimento é produzido. *A nuclearidade não é a mesma em todo lugar*: ela é diferente nos EUA e França, Namíbia e Madagascar, África do Sul e Gabão. *A nuclearidade não é a mesma para todos*: ela tem diferentes significados para geólogos e físicos, geneticistas e epidemiologistas, gerentes e operários, nigerianos e canadenses. *A nuclearidade não é a mesma em todos os momentos do tempo*: sua materialização e distribuição nas décadas de 1940 e 1990 difere de forma marcante (HECHT, 2012, p. 15, grifo do autor, tradução nossa).

Contudo, a ontologia dos objetos nucleares não é apenas um exercício teórico, possuindo implicações práticas bastante claras: os graus de nuclearidade

estruturam o controle global sobre o fluxo de materiais radioativos; constituem os fundamentos conceituais dos movimentos antinucleares; afetam quadros regulatórios de saúde ocupacional e de compensações por doenças relacionadas ao trabalho etc. Portanto, a nuclearidade é uma condição que não pode ser atribuída ou retirada de um objeto sem consequências significativas, e sua gradação é crucial para as relações envolvendo os objetos nucleares (HECHT, 2012).

Para ilustrar essas implicações, Gabrielle Hecht (2007) descreve a variação da nuclearidade do urânio na década de 1950. Nos EUA, por exemplo, setores do governo incumbidos de formar reservas estratégicas do minério para a Guerra Fria consideravam o urânio ainda em estado bruto totalmente nuclear. Já setores envolvidos na administração e regulamentação das minas americanas, portanto legalmente responsáveis pelos mineiros, consideravam o urânio nuclear somente após seu beneficiamento fora das minas. De modo similar, na França imperialista o trabalho dos mineiros na metrópole era considerado totalmente nuclear, estando sujeito a uma rígida regulamentação devido à exposição à radiação. Já o mesmo trabalho em Madagascar não estava sujeito a essa regulamentação, podendo ser realizado mesmo sem qualquer medida protetiva para os mineiros, o que corresponde a uma nuclearidade menor (ou nula) do urânio nas colônias.

No âmbito do presente estudo, acreditamos que o conceito de nuclearidade é útil porque a transformação da paisagem sob influência da Central Nuclear de Angra dos Reis também pode ser entendida como um aumento no grau de nuclearidade do lugar a partir da instalação do empreendimento (a mesma lógica também se aplica à rede geográfica dos lugares do ciclo do combustível nuclear). Assim, uma narrativa mais consistente sobre essa transformação da paisagem poderá ser construída se forem levados em consideração os múltiplos aspectos que compõem a nuclearidade (*e.g*. técnico-científicos, políticos, econômicos, culturais, espaço-temporais).

Finda a apresentação dos fundamentos teóricos que nortearão este trabalho, no capítulo seguinte apresentaremos nossa área de estudo bem como os métodos de análise escolhidos.

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

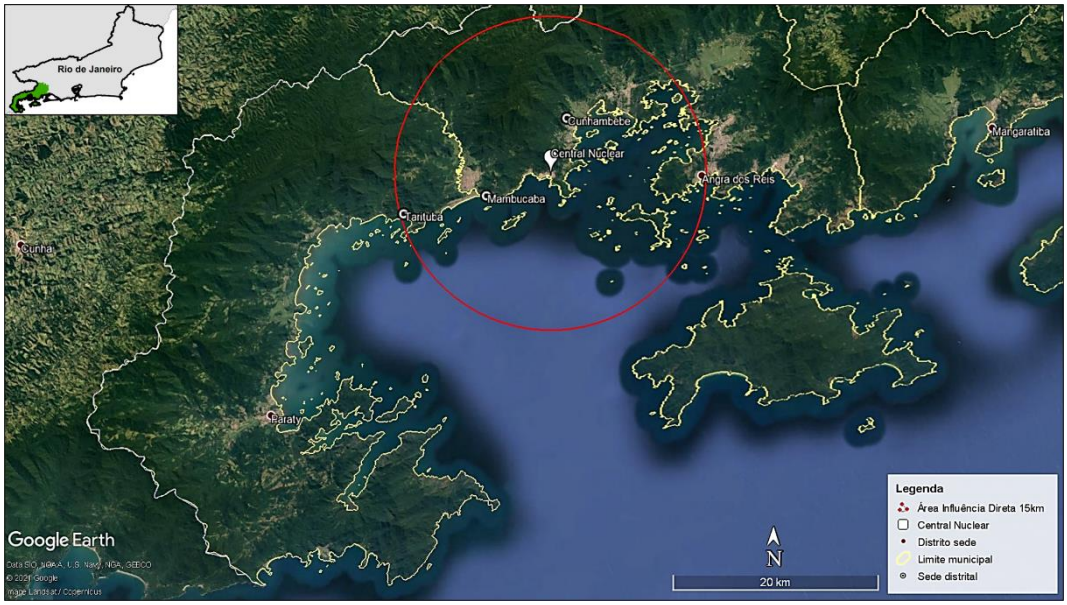
A Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto situa-se em Itaorna, porção oeste do distrito de Cunhambebe, município de Angra dos Reis (RJ). Em termos de distância linear, o empreendimento está localizado a cerca de 8km do limite municipal com Paraty (RJ) e a aproximadamente 30km do limite municipal com Mangaratiba (RJ). Atualmente o empreendimento conta com duas unidades em operação, Angra 1 e Angra 2, e uma terceira, Angra 3, em construção. De acordo com os estudos ambientais realizados para implantação de Angra 2 e Angra 3, a área de influência[7] direta da Central Nuclear corresponde a um círculo com raio de 15km centrado no empreendimento (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998a; MRS ESTUDOS AMBIENTAIS, 2005). A maior parte das terras emersas contidas nessa área de influência está inserida nos distritos de Cunhambebe e Mambucaba, em Angra dos Reis, e de Tarituba, em Paraty (Figura 5).

Angra dos Reis e Paraty estão entre as mais antigas ocupações europeias no litoral brasileiro, datando do início do século XVI. Ambas se situam em uma região de relevo acidentado, entre as escarpas da Serra do Mar e a Baía da Ilha Grande, e historicamente se destacam por sua função portuária. Durante o século XVIII os portos de Angra e Paraty tiveram importante papel no escoamento do ouro, estando o primeiro associado à rota dos contrabandistas e o último às rotas oficiais. Com a abertura de um novo caminho para as Minas Gerais naquele mesmo século, Paraty teve sua importância reduzida. Já o porto de Angra ainda se manteve mais ativo no século XIX, devido à sua inserção nas rotas do tráfico de escravos e do escoamento do café do Vale do Paraíba. No entanto, entre o fim do século XIX e a primeira metade do século XX ambas as cidades passaram por um período de estagnação e isolamento, que contribuiu para a recuperação da Mata Atlântica na região

[7] Nos estudos ambientais a área de influência do empreendimento pode ser definida como "o espaço passível de alterações em seus meios físico, biótico e/ou socioeconômico, decorrentes da sua implantação e/ou operação" (MRS ESTUDOS AMBIENTAIS, 2005, v. 1, p. 195).

(INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1967; MACHADO, 1995).

Figura 5 – Localização e área de influência direta da Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ).



Fonte: o autor.

O isolamento em Paraty, mais intenso que em Angra, também contribuiu para a preservação da arquitetura e dos costumes locais. Por isso, entre as décadas de 1940 e 1960, a cidade foi primeiro reconhecida como monumento histórico estadual, depois foi tombada pela Diretoria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e, por fim, teve todo o território municipal declarado monumento nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1967). A construção da Rodovia BR-101 na década de 1970 conectou efetivamente Paraty a São Paulo e ao Rio de Janeiro e permitiu o início de um novo ciclo econômico, baseado na atividade turística (SOLVING CONSULTORIA EM TURISMO, 2003).

Se construção da Rodovia também aumentou a conectividade de Angra dos Reis com o Rio de Janeiro e contribuiu para o desenvolvimento do turismo, como em Paraty, desde a década de 1960 Angra já passava por transformações em sua dinâmica socioespacial devido à instalação de três grandes empreendimentos: o

Estaleiro Verolme e o Terminal da Baía da Ilha Grande, ambos no distrito de Angra dos Reis, além da já mencionada Central Nuclear. Esses empreendimentos desencadearam um intenso processo de expansão urbana (MACHADO, 1995). Entre as décadas de 1950 e 2010, a população urbana do município passou de 33,7% para 96,3%; a densidade populacional média aumentou de 26 hab./km² para 205 hab./km²; e o acesso dos domicílios à infraestrutura de base (água, luz e esgoto) passou de valores inferiores a 30% para valores superiores a 85% (CHETRY, 2018). Concomitantemente, dados do Censo Agrícola/Agropecuário indicam que houve uma redução de aproximadamente 65% na área total ocupada pelos estabelecimentos rurais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1966a; 1974; 1983; 2023a) e um mapeamento de uso e ocupação do solo apontou a expansão e o adensamento das áreas urbanas (CORRÊA, 2012).

Com relação ao ambiente físico, a classificação climática de Köppen para o Brasil (ALVARES *et al*., 2013) indica para região um clima do tipo subtropical úmido oceânico sem estação seca (Cf). Contudo, há uma diferença entre Angra dos Reis e Paraty com relação ao verão, que é quente (Cfa) no primeiro município e temperado (Cfb) no último. Em Angra as médias mensais de temperatura variam entre 16,8°C (julho) e 23,7°C (fevereiro) e a precipitação média acumulada por ano é de 1.755mm. Já em Paraty essas médias variam entre 15,8°C e 22,7°C (também em julho e fevereiro) e a precipitação acumulada é de 1.946mm (ALVARES *et al*., 2013).

Angra dos Reis e Paraty, assim como os demais municípios fluminenses, possuem todo seu território inserido no bioma Mata Atlântica. Nestes dois municípios as fitofisionomias formam um *continuum* transicional de formações costeiras até matas de altitudes com características subtropicais. Há predomínio da floresta ombrófila densa, caracterizada por uma estrutura complexa de aspecto exuberante e úmido, com muitas lianas e epífitas, apresentando riqueza de espécies distribuídas em estratos distintos. Na linha de costa há restingas arbóreas, manguezais e florestas de terras baixas (0m a 50m de altitude). Já as escarpas são recobertas por florestas submontanas (50m a 500m de altitude) e montanas (500m a 1.500m de altitude) em quase toda sua extensão. Em 2015 as áreas florestadas desses municípios respondiam por cerca de 75% das florestas preservadas do estado do Rio de Janeiro (JOHNSSON, 2015).

Essa transição de fitofisionomias também se reflete em uma alta diversidade faunística. A região abriga centenas de espécies de aves, anfíbios e mamíferos e dezenas de répteis. O nível de endemismo é alto, especialmente para a avifauna. Estão presentes espécies-bandeira, como o muriqui-do-sul, o maior primata das Américas, e predadores de topo de cadeia, como a onça-pintada e a suçuarana (UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION, 2019).

Além de abrigar as formações vegetais citadas anteriormente, a linha de costa de Angra e Paraty também é caracterizada por ecossistemas costeiros, definidos sobretudo pelos atributos físicos do ambiente, dentre os quais predominam praias arenosas, costões e lajes rochosos (recifes não biogênicos), e pequenos estuários. A rica diversidade biológica presente nesses ecossistemas inclui centenas de espécies de macroalgas, invertebrados e peixes (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Essa diversidade é explorada por mais de 30 comunidades caiçaras da região, que dependem em maior ou menor nível da pesca artesanal (BEGOSSI *et al*. 2009).

As riquezas histórico-cultural e natural da região se fundem em uma paisagem que foi declarada recentemente pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) como patrimônio mundial da humanidade: em 2019 foi criado o sítio misto “Paraty e Ilha Grande – Cultura e Biodiversidade”, incluindo grande parte do território dos municípios de Angra dos Reis e Paraty e abrigando populações tradicionais quilombolas, caiçaras e indígenas Guarani (INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES, 2019). A Central Nuclear está situada na zona de amortecimento desse sítio misto e há sobreposição entre a área de influência de empreendimento e o próprio sítio.

2.2 Arquivos e dados

Para levantamento dos documentos históricos utilizados nas análises bibliográficas e documentais do presente trabalho foram consultados os seguintes arquivos:

- Centro da Memória da Eletricidade no Brasil;

- Biblioteca Digital Memória da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen);
- Biblioteca Técnico-Científica da sede da Cnen;
- Biblioteca do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA;
- Arquivo da Superintendência de Licenciamento e Meio Ambiente da Eletronuclear;
- Acervo digital "Legislações e Publicações" do Congresso Nacional do Brasil;
- Hemeroteca Digital Brasileira da Biblioteca Nacional;
- Sistema Internacional de Documentação Nuclear (INIS) da Agência Internacional de Energia Atômica (International Atomic Energy Agency – IAEA);
- Sistema de Informação sobre Reatores de Potência (PRIS) da IAEA;
- Acervo digital do Escritório de Informação Científica e Técnica (OSTI) do Departamento de Energia dos EUA (US DOE);
- Acervo digital do Arquivo Nacional dos EUA;
- Acervo digital do Arquivo Nacional do Reino Unido.

A análises foram realizadas a partir de variados tipos de fontes bibliográficas, muitas delas classificadas como "literatura cinza"[8]. Em função dessa variedade, eventualmente foram observadas divergências nos dados técnicos dos empreendimentos estudados. Nesses casos, sempre que possível, foram considerados os dados gerados pelas próprias empresas. Um estudo da questão ambiental no setor elétrico brasileiro, amplamente baseado em literatura cinza, encontrou o mesmo tipo de divergência encontrada por nós (CABRAL, 2009).

Cabe aqui uma brevíssima crítica das fontes utilizadas. Conforme afirma Jacques Le Goff, "não existe um documento inócuo, objetivo, primário" (1990, p. 546); "no limite, não existe um documento-verdade. Todo o documento é mentira. Cabe ao historiador não fazer papel de ingênuo" (1990, p. 549). Disto decorre a

[8] Literatura composta por diversos tipos de documentos, produzidos por todos os níveis governamentais, acadêmicos, corporativos e organizacionais, em formato eletrônico ou impresso, cujo objetivo principal não é a publicação comercial (GREY LITERATURE NETWORK SERVICE, sem data).

seguinte reflexão: quem produziu e com que finalidade foram produzidos os documentos analisados no presente trabalho? Quais são seus limites?

Grosso modo, trabalhamos com fontes provenientes de três origens principais: IBGE, empresas do setor energético e órgãos reguladores (*e.g.* Cnen, IAEA). No caso do IBGE, os dados são gerados para retratar a realidade brasileira, auxiliando o planejamento e a execução de políticas públicas nas três esferas de governo da federação, além de atender a interesses de variados segmentos da sociedade civil. Embora se trate do órgão oficial de estatística e geociências do país, existem críticas às suas escolhas metodológicas, à disponibilização de dados e mesmo à sua credibilidade (*e.g.* EXECUTIVA NACIONAL DA ASSIBGE-SN, 2017; MAFRA, 2013; MITIDIERO JUNIOR; BARBOSA; DE SÁ, 2017; SILVA, 2014).

No caso das empresas do setor energético, os dados são gerados para prestar contas de suas atividades aos investidores ou aos cidadãos em geral (a depender de sua natureza privada ou pública). No entanto, existe um conflito de interesses aqui: se, por um lado, a divulgação de dados atende a cobranças de uma atuação mais transparente, por outro lado, a continuidade dos negócios não pode ser inviabilizada por ela. Inevitavelmente, as companhias acabam por filtrar os dados que podem e não podem ser divulgados. Adicionalmente, existe o risco dos espaços de comunicação reservados a esses dados se tornarem espaços publicitários para a propaganda institucional das empresas.

No caso dos órgãos reguladores existe um conflito de interesses semelhante. A IAEA e a Cnen, por exemplo, têm como missão desenvolver e ampliar os usos pacíficos da energia nuclear. Portanto, os dados oriundos de sua ação regulatória devem permitir o controle social, mas, ao mesmo tempo, não podem inviabilizar a expansão da energia nuclear. No Brasil, um exemplo de contradição gritante, que perdurou por aproximadamente cinco décadas, foi a participação acionária da Cnen no controle das empresas de extração e beneficiamento de minérios radioativos, as quais eram reguladas pela própria Comissão.

A críticas apresentadas acima não impedem o uso dessas fontes. Parte dos dados socioeconômicos fornecidos pelo IBGE também poderia ser obtida com a administração municipal ou estadual. Contudo, as fontes alternativas possuiriam

limitações similares àquelas presentes no IBGE (ou até maiores, devido a questões de capacidade técnica e ingerência política na escala local). No caso da energia nuclear, as empresas do setor energético e os órgãos reguladores são basicamente as únicas fontes de dados disponíveis para pesquisas. Só nos resta seguir a orientação de Le Goff e não fazer papel de ingênuos ao trabalhar com essas fontes.

Ao longo deste estudo são apresentados valores em diferentes moedas, pois desde 1942 o Brasil possuiu oito padrões monetários distintos (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2007). Para permitir uma comparação entre eles, todos foram convertidos em reais e corrigidos em função da inflação acumulada no período. As conversões foram realizadas com a ferramenta "Calculadora do Cidadão" do Banco Central do Brasil e nas correções foi utilizado o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas (BANCO CENTRAL DO BRASIL, sem data). A escolha do IGP-DI se deve à sua abrangência, tanto em termos de composição, porque inclui os preços ao consumidor, ao produtor e os custos da construção, quanto em termos temporais, pois ele está disponível desde fevereiro de 1944.

Na descrição e análise das paisagens energéticas os valores de conteúdo energético das fontes responsáveis pela qualificação substantiva dessas paisagens seguem a obra de Vaclav Smil (2008).

2.3 Entrevistas

Estudos sobre paisagens energéticas são recentes e as publicações sobre o tema têm crescido significativamente a partir de meados dos anos 2000 (PASQUELETTI; STREMKE, 2018). Entretanto, no Brasil o número de pesquisadores e publicações ainda é bastante reduzido, como pode ser observado em buscas na Plataforma Lattes com os termos "paisagem energética", "paisagens energéticas" e "energy landscapes".

Diante deste cenário, a aplicação do quadro teórico das paisagens energéticas para investigar as transformações espaciais associadas à Central Nuclear de Angra dos Reis é uma abordagem inédita. Por isso, complementamos as análises bibliográfica/documental e cartográfica com entrevistas com especialistas.

Para Anna Secor (2010) esse tipo de entrevista é comumente usado quando se espera aprender como determinadas práticas, experiências, processos, conhecimentos e instituições funcionam (ou ao menos como os entrevistados dizem que funcionam).

Dada a natureza complexa de nosso objeto de estudo, que envolve aspectos socioeconômicos, tecnológicos, ambientais etc., buscamos contornar a escassez de especialistas em paisagens energéticas no/do Brasil entrevistando especialistas em diferentes áreas do conhecimento, os quais trouxeram contribuições para interpretar ao menos parte dos elementos que compõem a paisagem da Central Nuclear. Adicionalmente, extraímos dessas contribuições informações úteis para estruturar o lugar desse empreendimento de acordo com a teoria relacional.

Cabe ressaltar que usamos o termo especialista em sua definição dicionarizada, significando "pessoa que possui conhecimento ou prática especial em determinado assunto; conhecedor, perito, profissional" (MICHAELIS, 2021). Isso significa que nossos entrevistados não são oriundos apenas da academia, mas também órgãos de governo, empresas públicas e privadas, e até mesmo consultores independentes. Foi dada preferência a pessoas que conhecem a região da Central Nuclear e, quando possível, foi entrevistado mais de um especialista de cada área (Tabela 1). De modo a contribuir para a anonimização das pessoas, ao longo do texto nos referimos a todas elas como "entrevistado", sem variação de gênero.

Tabela 1 – Perfil dos entrevistados.

Entrevistado	Área do conhecimento	Setor de atuação	Relação com a região da Central Nuclear
1	Arquitetura e Urbanismo	Órgão de governo	Residência e trabalho
2	Química/Eng. nuclear	Órgão de governo (aposentado)	Residência e trabalho
3	Física/Desenvolvimento sustentável	Órgão de governo (aposentado)	Trabalho
4	História/Ciência política	Órgão de governo	Trabalho
5	Eng. Agronômica/Geografia	Órgão de governo	Residência e trabalho
6	Geografia/ Estudos populacionais e pesquisas sociais	Associação privada sem fins lucrativos	Trabalho
7	Geografia	Academia	Residência e trabalho

Entrevistado	Área do conhecimento	Setor de atuação	Relação com a região da Central Nuclear
8	Comunicação social/ Comunicação empresarial	Empresa pública	Trabalho
9	Planejamento e gestão do território/Geografia	Academia	Residência e trabalho
10	Física/Radioproteção e Dosimetria	Órgão de governo (aposentado)	Trabalho
11	História	Academia	Trabalho
12	Arquitetura e Urbanismo	Órgão de governo e empresa pública (aposentado)	Residência e trabalho
13	Eng. civil/Saúde Pública	Academia	-
14	Administração pública/ Antropologia social	Academia	Trabalho
15	Física/Geociências	Empresa privada	Trabalho
16	Engenharia Agronômica	Órgão de governo	Residência e trabalho
17	História e sociologia para comunidades rurais	Consultor independente	Residência e trabalho

Fonte: o autor.

Em função do local de residência ou de trabalho dos entrevistados, ou mesmo de eventuais restrições em decorrência da pandemia de Covid-19, as entrevistas foram realizadas de forma presencial ou remota (videochamada). Foi empregado um roteiro semiestruturado, composto por 10 perguntas abertas, planejado para durar até 50 minutos, e pensado para manter, o máximo possível, o foco da conversa nas transformações da paisagem e na estruturação do lugar da Central Nuclear (APÊNDICE A). Nesse sentido, a escolha das perguntas pretendeu:

- Identificar as noções de paisagem dos entrevistados, uma vez que este é um conceito polissêmico;
- Saber como os entrevistados situam a Central Nuclear no domínio do significado e, ao mesmo tempo, verificar seus posicionamentos em relação à energia nuclear. Essas informações contribuem para classificar as diferentes narrativas presentes nas entrevistas;

- Mapear as interrelações existentes entre o processo histórico de Angra dos Reis e os processos de transformação da paisagem e de criação/estruturação do lugar da Central Nuclear;
- Buscar indícios da influência da Central Nuclear sobre as esferas econômica, social e ambiental do município de Angra dos Reis, os quais podem corresponder a elementos dos domínios da natureza, das relações sociais e também da paisagem (energética ou não);
- Verificar se as conexões entre lugares/paisagens do ciclo do combustível nuclear são percebidas pelos entrevistados e, eventualmente, identificar outras conexões além daquelas já descritas na literatura;
- Levantar outros nomes para ampliar a rede de especialistas que criamos a partir de nossa experiência acadêmica e profissional, favorecendo a pluralidade de narrativas.

As 17 entrevistas foram gravadas por meio do aplicativo de celular Gravador iOS ou da plataforma de videoconferência Google Meets, totalizando 15h23min15s de gravações. A metodologia descrita nesta seção foi aprovada pela Câmara de Ética e Pesquisa da PUC-Rio (Parecer 115/2021 do Protocolo 142/2021).

2.4 Imagens e geoprocessamento

Diversos aspectos da transformação da paisagem podem ser monitorados através da comparação entre fotografias tiradas no mesmo local em diferentes momentos, técnica conhecida como *repeat photography* (KULL, 2005). Se nessa comparação forem utilizadas fotografias históricas, é possível realizar análises na escala de décadas ou séculos. Os pressupostos desta técnica também se aplicam a aerofotografias e imagens de satélite (BIERMAN *et al*., 2005).

Este trabalho segue a definição de Robert Weinstein e Larry Booth (1977 *apud* MCLAUGHLIN, 1989), de acordo com a qual fotografias históricas são representações confiáveis de épocas passadas, que fornecem suporte ao estudo da história. Esta definição permite que se trabalhe tanto com fotografias de um passado mais remoto (século XIX), quanto de um passado mais recente (séculos XX e XXI), sendo, portanto, adequada à escala temporal que utilizaremos.

Dependendo do caso de transformação da paisagem que se queira analisar, o levantamento das fotografias históricas não deve ficar restrito apenas a grandes acervos e arquivos (públicos ou privados); ele deve incluir também pequenas coleções particulares e "obscuras", álbuns de família etc. (GRUELL, 1983; RASMUSSEN; VOTH, 2001). Embora o nível de informação complementar disponível varie de acordo com a origem, o fundamental é que cada imagem contenha pontos de referência que permitam ao pesquisador retornar ao exato local retratado para tirar novas fotos e organizar cronologicamente as sequências de fotos já disponíveis (GRUELL, 1983). Os pontos de referência também permitem a comparação entre imagens de um mesmo objeto obtidas com alguma variação de enquadramento.

Foram compiladas fotografias e aerofotografias de diferentes localidades de Angra dos Reis e Paraty, sobretudo dos distritos de Cunhambebe, Mambucaba e Tarituba, entre as décadas de 1960 e 2020. A maioria das imagens foi obtida no arquivo da Superintendência de Licenciamento e Meio Ambiente da Eletronuclear, no *website* da empresa e no acervo particular de antigos funcionários. Algumas imagens complementares foram obtidas no acervo fotográfico da Biblioteca do IBGE, no arquivo digital do jornal O Globo e no *website* do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

Foram selecionadas imagens de um mesmo local em diferentes períodos, de modo a permitir comparações entre séries temporais. Em seguida, foi realizada uma a análise qualitativa da transformação da paisagem a partir da observação direta das imagens, tendo por base elementos como, por exemplo, cobertura vegetal, centros populacionais e linha de costa.

Visando ampliar o entendimento dos padrões associados à transformação da paisagem ocorrida entre os anos de 1966 e 2006, utilizou-se o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento, a partir dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para gerar produtos cartográficos que representassem tal processo. Desta maneira, foram desenvolvidos mapas associados à classificação de uso e cobertura da terra. Entretanto, deve-se salientar que tais termos (uso e cobertura) apresentam-se, em muitos casos, como sinônimos, apesar de não o serem. De acordo com Milton da Costa Araujo Filho e colaboradores (2007, p. 172),

> Cobertura da terra está diretamente associada com os tipos de cobertura natural ou artificial, que é de fato o que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar. Imagens não registram atividades diretamente. Cabe ao intérprete buscar nas associações de reflectâncias, texturas, estruturas e padrões de formas para derivar informações acerca das atividades de uso, a partir do que é basicamente informação de cobertura da terra.

Entende-se, portanto, que o intérprete possui centralidade no processo de decisão e entendimento das diferentes classes que podem ser adotadas quanto aos usos e/ou coberturas em determinado recorte. Para Rafael da Silva Nunes (2013, p. 89),

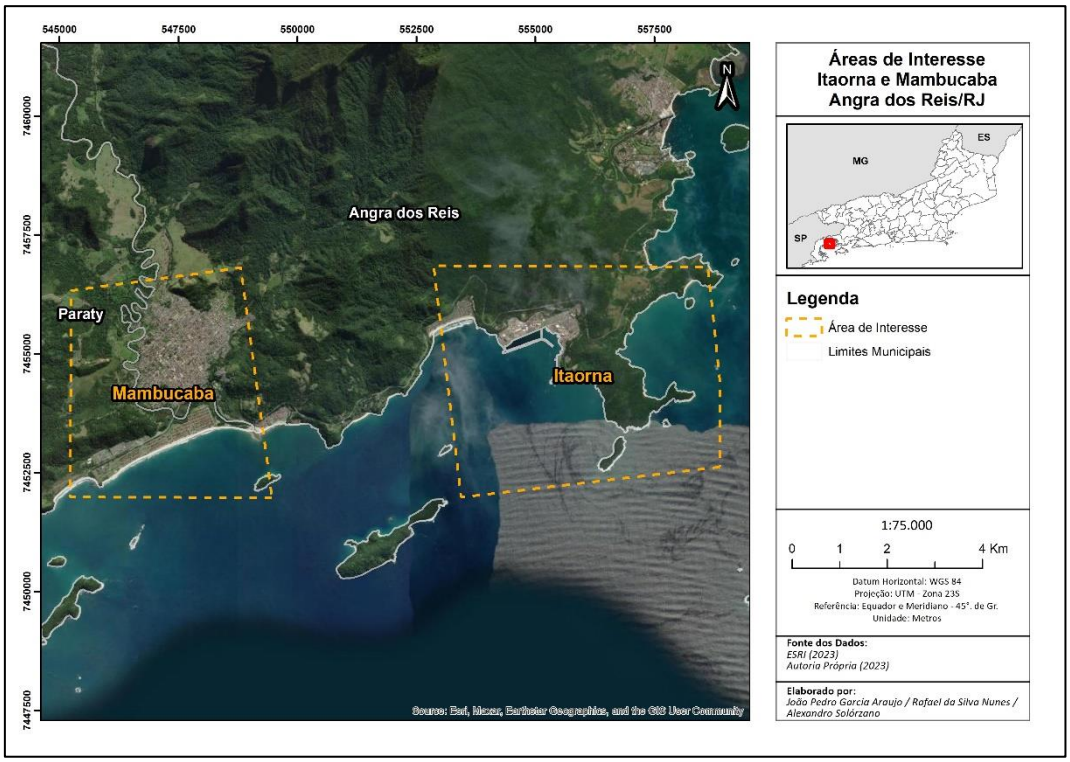
> a relação direta entre o intérprete da imagem e os alvos a serem interpretados necessitam da apresentação em relação à uma série de características associadas a cada classe (...) para que se torne possível identificar, sem maiores subjetivismos, os mais variados objetos do território.

Nesse sentido, tomando por base as imagens disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Angra dos Reis[9] e pelo Projeto RJ-25 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016), foi possível classificar as áreas de interesse de Itaorna[10] e de Mambucaba[11] (Figura 6), para os dois tempos (1966 e 2006). A Tabela 2 contém a legenda de classificação adotada nesse mapeamento.

Para tornar possível tal classificação, foi utilizado o software QGis 3.24.2 Tisler. A partir da adoção das imagens, utilizaram-se ferramentas de segmentação[12] e posterior edição para tratar os grupos de polígonos que porventura não representassem bem determinado uso ou cobertura do solo definido.

[9] Imagens obtidas no arquivo da Eletronuclear, onde as únicas informações disponíveis sobre elas eram sua origem (Prefeitura de Angra dos Reis) e a data de aquisição (1966).
[10] Totalmente inserida no município de Angra dos Reis, é composta pelos bairros Piraquara, Usina Nuclear (Distrito de Cunhambebe), Praia Brava (Distrito de Mambucaba) e as adjacências do Parque Nacional da Serra da Bocaina (ANGRA DOS REIS, 2009).
[11] Situa-se no limite dos municípios de Angra dos Reis e Paraty. Do primeiro, compreende os bairros Vila Histórica, Parque Perequê, Parque Mambucaba, Boa Vista e Sertão do Mambucaba (Distrito de Mambucaba) (ANGRA DOS REIS, 2009). Do segundo, compreende os bairros Chapéu do Sol e Mambucaba (Distrito de Tarituba). Também compreende as adjacências do Parque Nacional da Serra da Bocaina em ambos os municípios.
[12] Que, de acordo com Rafael Nunes (2013, p. 62), "pode ser entendida como uma operação que consiste na construção de blocos, a partir da aglutinação dos pixels em objetos a partir de critérios de homogeneidade com uma ou múltiplas dimensões de feições espaciais".

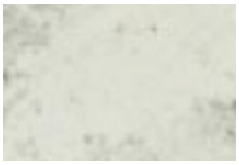
Figura 6 – Áreas de interesse para mapeamento de uso e cobertura da terra nos municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ).



Fonte: Araujo, Nunes e Solórzano (2023a).

Tabela 2 – Legenda de classificação adotada no mapeamento das áreas de interesse de Itaorna e Mambucaba.

Classe	Amostra – 1966	Amostra – 2006	Localização e Contextualização	Forma e Estrutura
Vegetação			Classe associada à vegetação secundária inicial ou avançada, representando fragmentos florestais. Associadas, em muitos, casos a áreas verdes conectadas, não circundadas por áreas de uso urbano (NUNES, 2013).	Textura rugosa com formas naturais heterogêneas.
Água			Associada à cursos de água, rios ou porção oceânica.	Textura lisa com formas naturais homogêneas e/ou heterogêneas.

Classe	Amostra – 1966	Amostra – 2006	Localização e Contextualização	Forma e Estrutura
Áreas Descampadas			Relacionadas a áreas com vegetação do tipo gramínea ou herbácea, também sendo consideradas áreas de pasto ou solos expostos.	Textura lisa com formas naturais homogêneas e/ou heterogêneas.
Áreas de Uso Urbano	-		-	-

Fonte: Araujo, Nunes e Solórzano (2023a).

2.5 Trabalho de campo

Interpretar a paisagem buscando vestígios que indiquem as transformações passadas por ela não é tarefa simples. Os trabalhos de Alexandro Solórzano e colaboradores (2016), sobre as florestas urbanas da cidade do Rio de Janeiro, e de Jolanda de Jong e Sven Stremke (2020), sobre as paisagens energéticas do oeste dos Países Baixos, evidenciam a necessidade de se empregar múltiplas metodologias para se alcançar uma interpretação correta das transformações da paisagem.

Por isso, aos métodos apresentados anteriormente soma-se o trabalho de campo, que para nós possui dois vieses: um exploratório, que permite a busca vestígios e marcas na paisagem, bem como *insights* sobre os processos de transformação; outro confirmatório, que busca verificar *in loco* os tipos de uso do solo presentes no terreno, as características gerais da vegetação e quaisquer elementos que contribuam para a classificação a ser criada para as análises espaciais com SIG.

As coordenadas geográficas das localidades visitadas foram obtidas com GPS modelo Garmin GPSMAP 64x. Para auxiliar na realização posterior de análises espaciais com SIG, foram tiradas fotografias por meio do aplicativo Timestamp Camera Basic (versão 1.117 para iOS), que vincula imagens a

coordenadas geográficas, direção, endereço, data, hora etc. Além das fotos e coordenadas foram tomadas notas de campo sobre aspectos relevantes das localidades.

Entre os dias 3 e 4 de agosto de 2022 foram visitados 12 pontos situados na área de influência da Central Nuclear nos municípios de Angra dos Reis e Paraty, sendo quatro deles no distrito de Cunhambebe, três em Mambucaba e cinco em Tarituba (Figura 7). Esses pontos representam tanto áreas em que o uso e a cobertura do solo mudaram ao longo das últimas cinco décadas quanto áreas em que eles se mantiveram iguais. A mudança e a manutenção do uso do solo foram verificadas previamente, a partir da análise de imagens aéreas e seguindo as classes listadas na Tabela 2.

Adicionalmente, alguns pontos também foram escolhidos por propiciarem uma visão panorâmica das paisagens locais. Seja a partir de um mirante ou de um ponto de observação interno, procuramos observar nas paisagens a inserção da infraestrutura de energia (Central Nuclear e linhas de transmissão), da estrutura urbana (*e.g*. edificações e arruamentos), o aspecto geral da vegetação, o relevo e os corpos hídricos.

Figura 7 – Locais visitados durante o trabalho de campo nos distritos de Cunhambebe e Mambucaba, município de Angra dos Reis, e Tarituba, município de Paraty (RJ).

Fonte: o autor.

Nos dias 19 de outubro e 23 de novembro de 2022 foram visitadas, respectivamente, a Fábrica de Combustível Nuclear, localizada no município de Resende (RJ), e a Unidade em Descomissionamento de Caldas[13], localizada no município homônimo em Minas Gerais, ambas pertencentes às Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB). Nessas duas visitas o trabalho de campo ficou circunscrito às propriedades das INB e teve caráter exclusivamente exploratório, pois não haveria mapeamento dos locais nem análises espaciais com SIG.

Assim como em Angra dos Reis e Paraty, procuramos observar nas paisagens de Resende e Caldas a inserção das infraestruturas de energia (*e.g.* unidades de processamento de urânio, cava da mina, bota-fora), o aspecto geral da vegetação, o relevo e os corpos hídricos.

As visitas aos empreendimentos das INB também tiveram como objetivo ampliar nossa compreensão acerca das relações e conexões entre os lugares do ciclo do combustível nuclear no Brasil, complementando as análises bibliográficas e documentais.

[13] Este empreendimento originalmente chamava-se Complexo Mínero-Industrial do Planalto de Poços de Caldas e corresponde à primeira mina de urânio explorada no Brasil. Posteriormente ele passou a se chamar Unidade de Tratamento de Minérios. Após o encerramento das atividades de exploração e processamento de minérios, passou então a ser denominado Unidade em Descomissionamento de Caldas.

3 Por que Angra dos Reis foi escolhida para receber a Central Nuclear?

Na Geografia Moderna, a origem dos estudos urbanos está diretamente relacionada aos conceitos de sítio e posição/localização (ABREU, 1994). Lysia Bernardes define sítio como "o conjunto de aspectos intrínsecos do local sobre o qual se estabeleceu e se expandiu a cidade" (BERNARDES, 1960, p. 41). Já a posição (ou localização) "se define em relação ao conjunto da região e, enquadrando-se em escala superior à da cidade, depende de caracteres geográficos mais amplos e complexos" (BERNARDES, 1960, p. 42). Para a autora, as relações estabelecidas pela posição geográfica podem ocorrer mesmo entre áreas muito distantes e fisicamente separadas.

Ainda sobre a posição no estudo das cidades, Pierre Monbeig (2004) acrescenta que, além de conhecer as relações entre cidade e região, é necessário conhecer a extensão da zona de influência da primeira sobre a última, isto é, o raio de ação da cidade.

Estes conceitos da Geografia Urbana também são fundamentais para a Geografia Nuclear: as características do sítio, a localização e o raio de ação (ou área de influência) de uma usina nuclear estão diretamente relacionados à viabilidade de implantação do empreendimento. A seguir, apresentaremos breve resumo da instalação das primeiras centrais nucleares a gerar energia elétrica em escala comercial no mundo, destacando alguns fatores locacionais importantes para a escolha dos respectivos sítios. A partir destes exemplos teceremos algumas considerações sobre a escolha de sítio para reatores na década de 1960, que viriam a influenciar as escolhas feitas no Brasil para a instalação da Central Nuclear de Angra dos Reis.

3.1 Marcos iniciais na localização de reatores nucleares pelo mundo

Em dezembro de 1950 a União Soviética iniciou a construção da estação nuclear APS 1 Obninsk. Quatro anos depois, essa estação foi conectada à rede elétrica e entrou em operação comercial (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY

AGENCY, 2021). Pela primeira vez na história, a eletricidade gerada a partir de um reator nuclear era transmitida comercialmente. A APS 1 contava com um reator de baixa potência (5MW) do tipo AM-1, resfriado a água e moderado por grafite[14]. Embora a geração de energia tenha sido modesta e durado somente até 1959, a operação da estação foi um passo fundamental para o desenvolvimento posterior da tecnologia nuclear soviética (CLEVELAND; MORRIS, 2014; PETROS'YANTS, 1984). Além disso, foi uma arma importante na disputa de propaganda travada entre os blocos comunista e capitalista durante a Guerra Fria (ICHIKAWA, 2016).

Obninsk situa-se a cerca de 100km de Moscou na direção sudoeste. Na década de 1940 era um pequeno povoado cujo desenvolvimento teve como centro o Instituto de Física e Engenharia Energética, ao qual posteriormente seria incorporada à APS 1 (ADMINISTRATION OF THE MUNICIPAL DISTRICT CITY OF OBNINSK, 2014). No fim da década de 1950, a população total de Obninsk era de aproximadamente 16.300 habitantes (DEMOSCOPE WEEKLY, 2021).

Embora o acesso a evidências documentais sobre a União Soviética seja restrito devido à barreira linguística do idioma russo, podemos supor que o principal fator locacional para a instalação da APS 1 em Obninsk foi a presença do Instituto de Física e Engenharia Energética. Estávamos no início da "Era Nuclear" e seria muito conveniente que uma nova tecnologia, ainda em fase experimental, se aproveitasse da mão de obra qualificada e da infraestrutura disponibilizadas pelo Instituto.

Em julho de 1953 o Reino Unido iniciou a construção de Calder Hall, um complexo de quatro reatores nucleares de 50MW do tipo Magnox, resfriados a gás carbônico e moderados por grafite. Entre 1956 e 1959, ano a ano uma unidade do complexo entrava em operação, sendo Calder Hall 1 o primeiro reator no mundo a

[14] Usinas nucleares são termelétricas que se diferenciam das demais pela presença do reator, equipamento onde ocorre a fissão dos núcleos dos átomos do combustível, geralmente dióxido de urânio, liberando grandes quantidades de energia na forma de calor. Embora existam diferentes tipos de reator, o moderador e o refrigerante são componentes comuns a todos. O primeiro é o material que vai retardar os nêutrons liberados pela fissão nuclear, favorecendo a amplificação deste processo. Já o último é um fluido que circula pelo núcleo do reator, permitindo trocas de calor (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2021b). Diferentes modelos de reator podem demandar características de sítio distintas para sua instalação.

gerar energia elétrica em escala industrial (CLEVELAND; MORRIS, 2014; INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2021). No entanto, apesar desta marca significativa, o objetivo de Calder Hall não era apenas civil: os reatores também tinham como objetivo produzir plutônio e trítio para armamentos nucleares (MAHAFFEY, 2014).

Calder Hall foi construído na antiga Fábrica da Artilharia Real em Sellafield, noroeste da Inglaterra, próximo à fronteira com a Escócia. O local já abrigava dois reatores militares, denominados Windscale 1 e 2. Esperava-se que o plutônio produzido nesses reatores viesse a ser substituído por aquele produzido em Calder Hall, o que de fato ocorreu, após um incêndio que levou ao encerramento das operações das unidades Windscale em 1957 (MAHAFFEY, 2014).

Sellafield havia sido escolhida para abrigar os reatores militares por ser uma localidade remota e isolada, com baixa densidade populacional, visando minimizar possíveis efeitos radiológicos de um grande acidente. Sua localização costeira, no estuário do Rio Calder, foi fator fundamental para a posterior instalação dos reatores Magnox, os quais necessitam de grande volume de água para seus condensadores de vapor (GRIMSTON; NUTTALL, 2013).

Em abril de 1955 os EUA iniciaram a construção de Shippingport, uma usina termonuclear com um reator de 60MW do tipo PWR, resfriado e moderado por água. Fruto de uma parceria público-privada entre a U.S. Atomic Energy Comission (USAEC), a Duquesne Light Company e a Westinghouse Electric Corporation, a obra de Shippingport foi rápida para os padrões do emergente setor nuclear: em dezembro de 1957 a usina já estava conectada à rede elétrica e em maio do ano seguinte começava sua operação comercial (BEAVER, 1987; INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2021). Foi a primeira usina nuclear a gerar energia elétrica em escala industrial nos EUA (CLEVELAND; MORRIS, 2014).

Shippingport foi construída na localidade homônima, às margens do Rio Ohio, a cerca de 40km de Pittsburgh, nordeste dos EUA, próxima aos Grandes Lagos. O terreno foi cedido pela Duquesne Light, que já possuía termelétricas convencionais na região, como parte do acordo com o governo e também era relativamente próximo do Bettis Atomic Power Laboratory, o que possivelmente

era visto como uma vantagem pela USAEC, já que este laboratório era responsável por desenvolver a tecnologia do reator que seria empregada na usina (UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMISSION, 1954a,b).

Antes da operação de Shippingport, a maioria dos reatores nucleares em território americano foram instalados em locais isolados e eram operados pelo governo. A partir da abertura para participação da iniciativa privada nesse tipo de empreendimento, o isolamento passar a dividir espaço com a economicidade como principal fator locacional (MAZUZAN; WALKER, 1997). Esse contexto justifica a escolha de Shippingport, pois a usina estaria próxima do considerável mercado consumidor da região de Pittsburgh e de um importante parceiro técnico, o Bettis Laboratory. Além disso, a proposta feita pela Duquesne Light na concorrência governamental era claramente a mais vantajosa do ponto de vista econômico (HEWLETT; HOLL, 1989) e o Rio Ohio ainda seria um corpo hídrico adequado ao resfriamento dos condensadores de vapor de uma usina com reator do tipo PWR.

Além de mudar o paradigma de localização de reatores nucleares em sítios isolados, aproximando esses equipamentos de centros com maior densidade populacional, a priorização de fatores econômicos também estimulou mudanças de projeto nas usinas nucleares americanas, principalmente no que diz respeito à adoção de estruturas de contenção e de medidas de engenharia de segurança para evitar a liberação material radioativo em caso de acidente (MAZUZAN; WALKER, 1997).

Portanto, a década de 1950 marcou o início da utilização dos reatores nucleares para geração de energia elétrica em escala comercial. Podemos considerá-la um período experimental, tanto para as tecnologias, então emergentes, quanto para os instrumentos normativos e regulatórios aplicáveis a elas. Os projetos de Calder Hall e Shippingport foram iniciados sem que houvesse critérios bem definidos sobre a escolha de sítio para reatores. Quando começou a construção de Calder Hall, vigorava no Reino Unido o Atomic Energy Act de 1946, lei que não fazia menção à localização de reatores nucleares (UNITED KINGDOM, 1946). Este tema só seria abordado, ainda que pontualmente, no primeiro programa civil de energia nuclear do governo britânico, publicado em 1955, quando as obras de Calder Hall já estavam em andamento. Este programa considerava os riscos

associados à operação de reatores no mesmo nível dos riscos de outras atividades industriais e, embora afirmasse a segurança de projeto das centrais nucleares, também determinava que os primeiros empreendimentos deste tipo não fossem construídos próximos a áreas densamente povoadas (COMMAND OF HER MAJESTY, 1955).

A situação normativa e regulatória nos EUA era similar àquela do Reino Unido: quando a USAEC autorizou o projeto da usina de Shippingport em 1953 (UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION, 1954b), vigorava no país o Atomic Energy Act de 1946, que não mencionava a localização de reatores nucleares (UNITED STATES OF AMERICA, 1946), assim como a lei homônima britânica. Este tema só seria abordado na legislação federal americana a partir do Atomic Energy Act de 1954, promulgado após a escolha do sítio de Shippingport. Esta lei estabeleceu que a USAEC tinha poderes para definir os padrões e as restrições relativos ao projeto, à localização e à operação de instalações nucleares, visando proteger a saúde e minimizar os riscos à vida e à propriedade (UNITED STATES OF AMERICA, 1954). Apesar da prerrogativa legal criada em 1954, David Okrent [1978] destaca que antes de 1960 não havia critérios publicados sobre a escolha de sítio nos EUA: as avaliações eram feitas caso-a-caso e de forma discricionária pelos agentes da USAEC.

Em 1957, dentro do sistema de instituições que compõem a Organização das Nações Unidas, foi criada a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) cujo o objetivo é fomentar os usos pacíficos da energia nuclear (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1989). Embora a APS 1 Obninsk, Calder Hall e Shippingport tenham sido pioneiras na geração comercial de energia elétrica, ao longo da década de 1950 havia um total de 43 reatores em construção, divididos por 10 países; na década seguinte já estavam sendo construídos 139 novos reatores em 18 países (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2021). A expansão da geração termonuclear ampliou a discussão acerca da escolha de sítio para instalação de reatores, o que se reflete nos simpósios “Siting of reactors and research centres” e “The siting and containment of nuclear power reactors”, realizados pela IAEA em 1963 e 1967, respectivamente (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1963; 1967). Os trabalhos apresentados nestes

eventos apontaram os principais fatores locacionais a serem considerados na escolha de sítio.

Numa análise da conjuntura britânica do início da década de 1960, baseada em reatores nucleares do tipo Magnox, Faux e Stone (1963) apontaram como principais fatores locacionais para instalação de centrais nucleares: a disponibilidade de água para os sistemas de resfriamento (do ponto de vista técnico, o fator mais importante); as condições geológicas do terreno para construir fundações capazes de suportar grande pressão devido ao peso dos equipamentos; o nivelamento do terreno e sua elevação relativa ao nível do mar (fator muito pertinente em função do relevo costeiro e da variação de marés nas ilhas britânicas); o terreno com área suficiente para construção dos edifícios e para pré-fabricação de grandes componentes; as vias de acesso (terrestres e aquáticas) capazes de suportar o transporte de cargas grandes e pesadas; as rotas para a instalação de linhas de transmissão para escoar a produção das usinas; a distância em relação aos centros populacionais; a conciliação estética entre as estruturas industriais e a paisagem, sobretudo em áreas de naturais de grande beleza cênica.

Davis e Robb (1967) analisaram a conjuntura dos EUA na metade da década de 1960, quando predominavam no país reatores do tipo BWR, seguidos pelos PWR. Para estes autores, os principais fatores locacionais foram: a água para os sistemas de resfriamento; a distância relativa aos centros populacionais; a disponibilidade de terras (incluindo custo monetário, aspectos estéticos, políticos e conservacionistas); as linhas de transmissão para escoamento da energia produzida; as vias de acesso (terrestres e aquáticas) capazes de suportar o transporte de cargas grandes e pesadas; a sismologia local; as condições meteorológicas (devido ao transporte de elementos radioativos em caso de acidente); a geologia e topografia também deviam ser consideradas, embora soluções de engenharia pudessem contornar condições desfavoráveis. Assim, observa-se que os fatores locacionais apontados por britânicos e americanos para a instalação de centrais nucleares eram basicamente os mesmos.

Nos simpósios da IAEA de 1963 e 1967 os representantes dos EUA e do Reino Unido apresentaram e discutiram fatores locacionais com base na experiência adquirida por seus próprios países, os quais já operavam reatores nucleares para

geração elétrica em escala industrial. Contudo, países de variados contextos políticos, econômicos e ambientais, que ainda não contavam com a fonte nuclear em sua matriz energética, como Argentina (MORGAN; SOMARUGA, 1967), Espanha (PASCUAL *et al*., 1967), Índia (SHIRVAIKAR; GANGULY, 1963), Iugoslávia (CARLBOM; OBRADOVIC; MOJOVIC, 1967) e México (SÚCAR, 1967), apresentaram estudos e planos para a implantação de centrais nucleares que listavam os mesmos fatores locacionais apresentados pelos EUA e Reino Unido.

O Brasil esteve presente no segundo simpósio, mas não apresentou trabalho naquela ocasião (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1967). No entanto, já se discutiam no país a geração termonuclear e os possíveis sítios para a instalação de reatores. Ao longo da década de 1960 foram feitos estudos de viabilidade para usinas nucleoelétricas nas regiões Sul (INTERNUCLEAR COMPANY, 1961), Sudeste (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961; COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a,b), Nordeste (FERREIRA JÚNIOR; POLLIS, 1964) e Norte (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968), e o então presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear publicou um trabalho sobre escolha de sítio para as primeiras usinas do Brasil (PRADO, 1966). Nesse trabalho foram listados basicamente os mesmos fatores locacionais citados pelos britânicos no primeiro simpósio da IAEA (FAUX; STONE, 1963).

Adicionalmente, no fim da década de 1960, foi publicada a Resolução Cnen 09/69, cujo objetivo era normatizar a escolha de locais para instalação de reatores de potência (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1969). Esta Resolução praticamente copiou a normativa Part 100 – Reactor site criteria elaborada pelos EUA para a instalação de reatores naquele país (FEDERAL REGISTER, 1962). Portanto, dentro de suas limitações de país periférico, o Brasil procurou seguir as tendências técnicas e regulatórias dos países centrais protagonistas na geração termonuclear.

A seguir analisaremos de forma mais detalhada o contexto brasileiro, reconstituindo a sequência de fatos que culminou com a implantação de usinas nucleares em Angra dos Reis.

3.2 Do Oiapoque ao Chuí: estudos para a instalação de usinas nucleares no Brasil entre 1960 e 1970

Em 1956 um decreto de Juscelino Kubitschek criou a Cnen, diretamente subordinada à Presidência da República, com a atribuição de orientar todas as fases e todos os aspectos da política geral de energia nuclear do país (BRASIL, 1956). Dentro desta ampla atribuição, estavam inclusas questões ligadas à geração de energia e à localização de reatores nucleares. Três anos depois, outro decreto presidencial criou dentro da Cnen a Superintendência do Projeto Mambucaba, para "coordenar e executar todas as medidas, econômicas, administrativas, legais e financeiras, relativas à instalação de central térmica núcleo-elétrica de alta capacidade na bacia do rio Mambucaba[15], no Estado do Rio de Janeiro" (BRASIL, 1959, não paginado).

Contudo, meses antes da criação dessa Superintendência, a empresa Economia e Engenharia Industrial Consultores S.A. (Ecotec) já trabalhava para a Cnen estudando fatores locacionais para a instalação de uma usina nuclear no Brasil (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961). Os seguintes fatores foram considerados necessários à viabilidade do empreendimento: uma área ampla, isolada e com baixa densidade demográfica; a disponibilidade de água e de vias de acesso; um levantamento das condições hidro-meteorológicas que possibilitasse o acompanhamento das interações de rejeitos radioativos com o ambiente; a integração da usina aos planos de desenvolvimento regional; e a proximidade de grandes centros científico-tecnológicos que pudessem dar suporte ao empreendimento (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961). Vale destacar que esses fatores locacionais eram similares àqueles considerados por soviéticos, britânicos e americanos para a instalação de suas primeiras usinas nucleares.

Na etapa inicial do estudo da Ecotec, constatou-se que apenas a Região Centro-Sul[16] do Brasil teria a demanda elétrica mínima compatível com uma usina

[15] O rio Mambucaba constitui o limite municipal de Angra dos Reis com Paraty (RIO DE JANEIRO, 1943).
[16] De acordo com o estudo, a Região Centro-Sul abrangia "em todo ou em partes os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Guanabara e Paraná" (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961, não paginado).

nuclear de 130 a 150MW, que era a potência projetada pela Cnen naquele momento (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961). Adicionalmente, a Cnen definiu como premissa para o estudo que locais às margens de cursos d'água cuja foz estivesse em território estrangeiro ou que se estendessem por um longo trecho do território nacional não deveriam ser incluídos na prospecção para instalação de usinas nucleares. Esse critério levou à exclusão de bacias e sub-bacias do Paraná, colocou localidades em rios de Minas Gerais como opção secundária, e concentrou o levantamento de localidades na faixa Rio-São Paulo, sobretudo nos cursos inferiores de rios atlânticos como o Paraíba do Sul, Guandu, Mambucaba, Cubatão e Iguape. Desses cinco rios, apenas o Mambucaba não atingia a vazão mínima necessária ao projeto, o que demandaria a implementação de soluções de engenharia, como esquemas de recirculação ou torres de resfriamento, caso uma localidade às margens desse rio fosse escolhida (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961).

O estudo da Ecotec também considerou o uso de água salgada como refrigerante alternativo à água doce. Nesse caso, a prospecção de localidades ficou restrita à faixa litorânea compreendida entre as cidades do Rio de Janeiro e de Santos e quatro locais foram sugeridos de forma preliminar: Guaratiba, na zona oeste do município do Rio de Janeiro (então estado da Guanabara); Prainha, próxima ao limite municipal de Angra dos Reis e Paraty, perto da foz do Rio Mambucaba; Maranduba, no litoral sul do município de Ubatuba (SP); e Juquehy, no litoral sul do município de São Sebastião (SP). Numa etapa posterior do estudo, a Cnen alterou seu projeto e ampliou a potência do reator para 200MW, o que deu mais destaque às localidades à beira-mar, onde a disponibilidade de água para resfriamento não era um fator limitante (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961).

Apesar da vazão do Mambucaba demandar soluções de engenharia para a instalação de uma usina nuclear de 150MW em suas margens, quatro fatores foram decisivos para que a Ecotec realizasse uma análise mais detalhada do vale desse rio: a baixa densidade demográfica; a possibilidade de desenvolvimento local; a localização intermediária entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo; e a previsão de disponibilidade de linhas de transmissão da Light Serviços de

Eletricidade S.A. na região (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961).

Adicionalmente, à época em que a Ecotec realizou o estudo, tramitava no Câmara dos Deputados o Projeto de Lei nº 1.497/1960, que propunha a criação do Parque Nacional do Mambucaba, visando conservar a fauna, a flora e os serviços ecossistêmicos[17] do vale do rio homônimo (BRASIL, 1960). A criação de uma unidade de conservação ao redor da futura usina nuclear foi considerada pela Ecotec um fator locacional indispensável, pois favoreceria a integridade do ambiente, permitindo um estudo acurado da influência do empreendimento sobre os ecossistemas adjacentes (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961). Como veremos adiante, a sobreposição espacial entre usinas nucleares e unidades de conservação futuramente seria um fator locacional institucionalizado por meio de lei.

Após a escolha do vale do Mambucaba, o estudo da Ecotec propunha uma análise de características ambientais, sociais e econômicas dessa região. Primeiro seriam levantados dados considerados indispensáveis à implantação do empreendimento, como aerofotogrametria, topografia, geologia e hidrologia. Na sequência, seriam levantados dados complementares, como acessibilidade, meteorologia, demografia, atividade econômica, titularidade da terra, oceanografia (física e biológica), aproveitamento hidrelétrico, oferta e demanda de energia elétrica, e saneamento básico. Por fim, seria feito um detalhamento da área específica de implantação da usina, dispondo as principais estruturas com relação às vias de acesso, à transmissão de energia elétrica e às características operacionais do projeto (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961).

A Ecotec considerou o relatório final deste estudo inconclusivo, pois faltaram dados relativos às sondagens geológicas e ao aproveitamento hidrelétrico do Mambucaba. Além disso, o levantamento sobre a titularidade da terra não

[17] O conceito de serviços ecossistêmicos surge na literatura científica apenas no final da década de 1970 (GÓMEZ-BAGGETHUN *et al*., 2010), portanto quase 20 anos após a elaboração do projeto de lei brasileiro. Contudo, sendo os serviços ecossistêmicos "os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas" (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005, p. 3, tradução nossa), fica evidente que o projeto de lei se refere a esses serviços ao afirmar que a desfiguração de paisagens, a alteração de regimes climáticos e a modificação das condições hidrológicas trazem prejuízos, por vezes irrecuperáveis, para os seres humanos (BRASIL, 1960).

detalhou os custos de desapropriação para evitar a especulação imobiliária e as análises sobre o sistema de transmissão de energia não avançaram devido a indefinições sobre características do projeto. Apesar dessas lacunas, a empresa considerou que o documento permitia uma visão geral do local adequada aos objetivos da Cnen (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961).

Logo após a criação da Superintendência do Projeto Mambucaba, a Cnen manteve um contrato com a Ecotec e ainda contratou duas empresas estrangeiras para auxiliarem na redação de um edital de concorrência, na determinação de especificações técnicas para o projeto, e no levantamento da capacidade da indústria brasileira (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1962). Uma dessas empresas, a americana Internuclear Company Inc., desenvolveu um estudo preliminar sobre as possibilidades de instalação de usinas nucleares no estado do Rio Grande do Sul (INTERNUCLEAR COMPANY, 1961).

O foco desse estudo foi avaliar a demanda, o consumo e a transmissão de energia elétrica em três municípios sul riograndenses (Porto Alegre, Alegrete e Candiota), para discutir a viabilidade econômica de abastecimento destes por meio de geração termonuclear. Foram calculados os custos de implantação e operação de reatores com duas potências distintas (20 e 60MW), os quais foram comparados com os custos da geração térmica convencional a carvão ou diesel já empregada localmente (INTERNUCLEAR COMPANY, 1961).

A instalação de um reator em Alegrete, mesmo o de menor potência, não se mostrou viável face à baixa demanda regional por energia elétrica. Em Candiota a inviabilidade deveu-se aos custos mais elevados da geração termonuclear em comparação à geração térmica convencional. Apenas em Porto Alegre havia uma demanda que justificasse a instalação de um reator e os custos da geração termonuclear se mostraram competitivos em relação à geração térmica a carvão ou diesel. Assim, o estudo apontou a possibilidade de instalação de um reator com 60MW nessa última região e sugeriu que para desenvolver esse projeto seria necessário, entre outras medidas, realizar um levantamento preliminar de sítios em Porto Alegre e definir as especificações técnicas da usina (INTERNUCLEAR COMPANY, 1961). Contudo, esse levantamento não foi aprofundado, pois a

Região Centro-Sul continuava sendo prioritária para a instalação da primeira usina nuclear do Brasil.

No mesmo ano em que a Internuclear entregou à Cnen o estudo preliminar sobre as usinas nucleares no Rio Grande do Sul, o Projeto Mambucaba foi totalmente reformulado devido às conjunturas vigentes em âmbito internacional, como a experiência adquirida com o aumento da operação de reatores em todo mundo, e nacional, como as dificuldades técnicas no sistema de transmissão da Light no Rio e a decisão da Cnen de utilizar reatores de tecnologia conhecida e consolidada, cujo combustível e a maioria de seus componentes pudessem vir a ser fabricados no Brasil (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1962). Em decorrência desses fatores, a Cnen optou por aumentar a potência do reator a ser instalado de 150MW para 300MW e por interligar a futura usina ao sistema de transmissão da Companhia Hidrelétrica do Vale do Paraíba (Chevap) para abastecer a região Rio-Guanabara, que compreendia o sul do estado do Rio de Janeiro e o estado da Guanabara (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1962).

Se a vazão do rio Mambucaba já não era suficiente para resfriar um reator de 150MW e o resfriamento dependeria de soluções de engenharia, seria inviável instalar um reator com o dobro de potência nesse vale. Com a alteração do projeto para um reator de 300MW, as localidades costeiras voltaram a ganhar destaque devido à disponibilidade ilimitada de água do mar. Assim, a Cnen passou a avaliar localidades na faixa litorânea dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1962). Nesse contexto, foram estudadas duas localidades: Grumari, na Guanabara, e Ponta Negra, no município de Maricá, Rio de Janeiro (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a,b). Cabe ressaltar que a localidade denominada nesse novo estudo como Grumari corresponde ao local indicado como “S-1: Guaratiba” no mapa “Localização da usina núcleo-elétrica: circulação com água do mar”, presente no estudo anterior da Ecotec (1961).

Os estudos de Grumari e Ponta Negra incluíram a avaliação dos seguintes parâmetros: geomorfologia; infraestrutura (acesso rodoviário, ferroviário, aeroviário e marítimo; telecomunicações; disponibilidade de água potável;

interligação com a rede elétrica e fornecimento de energia durante as obras); condições imobiliárias; demografia, meteorologia, sismologia, hidrologia, oceanografia e atividades econômicas, todas estas voltadas para a questão da segurança nuclear[18]; além de breves considerações sobre a fauna e a flora locais (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a,b).

O local escolhido em Grumari caracterizava-se morfologicamente pela presença de um anfiteatro natural, limitado por escarpas rochosas acentuadas, exceto ao sul, onde o limite era dado pelo mar. Embora algumas zonas e formações geológicas devessem ser evitadas, no geral as condições locais eram favoráveis para suportar as fundações do empreendimento (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a). Do ponto de vista da acessibilidade, havia necessidade de se remodelar os acessos rodoviários, sobretudo visando o transporte de equipamentos industriais. Além disso, não havia acesso ferroviário e o acesso marítimo para desembarque de grandes volumes deveria ser feito no Porto do Rio de Janeiro, localizado a cerca de 40km de Grumari. Entretanto, o acesso aeroviário era considerado excelente, devido à presença dos aeroportos de Santa Cruz e do Galeão (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a).

A posição de Grumari era considerada privilegiada do ponto de vista da interligação com o sistema elétrico existente. Previa-se a instalação de duas linhas de transmissão: uma com destino a Campo Grande, para abastecer a zona industrial do estado da Guanabara e os municípios fluminenses limítrofes, e outra com destino ao Jardim Botânico, para abastecer a zona sul da cidade do Rio de Janeiro. Essas linhas permitiriam fechar um grande anel de alta tensão em praticamente todo o estado, criando condições para que houvesse uma distribuição ideal de energia em toda região da Guanabara (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a).

Do ponto de vista fundiário foram identificados dois prováveis proprietários das terras da região, sendo um deles uma incorporadora que havia loteado e vendido parte do terreno. Contudo, devido a dificuldades para a legalização dos títulos de

[18] A segurança nuclear visa a "prevenção e controle de acidentes e mitigação apropriada das consequências de acidente, resultando em proteção de indivíduos ocupacionalmente expostos, do público e do meio ambiente contra os riscos da radiação" (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2021, p. 36).

propriedade na área, esses lotes permaneciam sem construções de alvenaria. Esse contexto dificultava uma avaliação precisa do valor do terreno a desapropriar, sendo possível apenas uma estimativa da ordem de grandeza, que foi calculada em 10 bilhões de cruzeiros[19]. Os terrenos de ambos os proprietários possuíam plantações de bananas nas encostas dos morros, as quais representavam a principal atividade econômica local, que era complementada por pequenos cultivos de mandioca na planície central (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a).

Na aplicação do método de Farmer para seleção de locais para reatores de potência[20], Grumari obteve um resultado altamente favorável, correspondendo a cerca de 16,5% do valor limiar para escolha do local. Tal resultado devia-se, principalmente, à baixa densidade demográfica nas áreas mais próximas ao ponto indicado para a instalação da usina. O relevo em forma de anfiteatro era um elemento considerado positivo para a segurança das populações do entorno por constituir uma barreira natural ao redor do empreendimento. No entanto, o estudo da Cnen recomendava atenção a um possível crescimento populacional futuro em direção a Grumari pelas bordas do mar, sobretudo pela expansão do Recreio dos Bandeirantes (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a). Além de impedir a ocupação do terreno, o relevo também favorecia fenômenos de turbulência atmosférica, os quais reduziriam o risco de contaminação em caso de acidente. A direção e a velocidade média dos ventos e o tipo de equilíbrio atmosférico predominantes em Grumari eram outros elementos que aumentavam a segurança nuclear do local (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a).

Assim como ocorrido com os efluentes gasosos em terra, a circulação costeira e o relevo submarino favoreciam a dispersão de efluentes líquidos lançados no mar, constituindo mais uma condição favorável à instalação da usina. No caso

[19] Valor equivalente a aproximadamente 494.459.400 reais em novembro de 2021.

[20] Esse método relaciona a dose de radiação liberada pela passagem de uma nuvem de elementos radioativos originária de um acidente nuclear com o tamanho das populações humanas presentes a diferentes distâncias do reator. A medida da adequação do local para receber uma usina é chamada fator de mérito: quanto mais elevado seu valor, maior o risco à população e, portanto, menos adequado o local. De acordo com o método de Farmer, o local só deve ser aprovado se o fator de mérito estiver abaixo de um determinado limiar. Grandes contingentes populacionais nas proximidades de uma usina contribuem para aumentar o fator de mérito, pois quanto mais perto do reator maior a dose de radiação liberada em um acidente (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a).

das águas continentais, destacou-se a ausência de rios ou lagoas na Praia do Grumari. Dentro de um raio de 20km do local estudado havia apenas as bacias de dois rios de pequeno porte (Portinho e Piraquê) e a Lagoa de Jacarepaguá, apontada como uma reserva de água útil para fins industriais (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a). No que diz respeito à sismologia, o estudo concluiu que "a estabilidade do solo na região da Praia do Grumari é muito grande, não se devendo temer abalos sísmicos que possam afetar a segurança da instalação do Reator" (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a, p. 78).

O estudo de Grumari não traz uma conclusão geral ou uma recomendação explícita sobre a viabilidade de se instalar um reator no local. Entretanto, com base nas conclusões apresentadas para alguns parâmetros (*e.g*. oceanografia, meteorologia, demografia), podemos inferir que, a princípio, ao menos com relação aos aspectos técnicos do projeto, a Cnen considerava Grumari um local viável para a construção da primeira usina nuclear do país. Posteriormente, o depoimento de um assessor do Ministro de Minas e Energia à Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) sobre recursos minerais para desenvolvimento da energia nuclear iria revelar que o custo de desapropriação das terras em Grumari inviabilizava por completo esse projeto (BRASIL, 1970).

Já o local escolhido em Maricá situava-se entre as lagoas de Guarapina e Jaconé, sendo limitado ao norte pela Serra do Mato Grosso e ao sul pelo Oceano Atlântico. Um espigão da Serra, a Ponta Negra, desce longitudinalmente em direção ao mar, dividindo o terreno em duas partes. A porção leste apresenta a conformação de um amplo anfiteatro natural, com uma das alas espraiando-se ao longo da Lagoa de Jaconé. Em linhas gerais, esta porção do terreno apresenta uma topografia similar à de Grumari. Já a porção oeste intercala ligeiras elevações muito erodidas, pequenas várzeas ou bolsões sedimentares, e zonas pantanosas. Destaca-se nessa porção um canal artificial ligando a Lagoa de Guarapina ao mar, o qual poderia prover água para o resfriamento do reator. A geomorfologia de ambas as porções foi considerada favorável para a instalação de usinas nucleares, embora a construção de fundações para estruturas muito pesadas demandasse uma terraplanagem prévia. Falhas geológicas e sistemas de fraturas foram observados apenas nos afloramentos rochosos do espigão central na orla marítima, indicando a

inadequação desta porção do terreno para a construção do empreendimento (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964b).

Do ponto de vista da acessibilidade, o transporte de grandes volumes até o local poderia ser feito por meio da combinação de transporte marítimo e rodoviário. As cargas poderiam ser desembarcadas tanto no porto de Niterói (primeira opção, mais próximo) quanto no porto do Rio de Janeiro (segunda opção, mais distante), seguindo depois até o local por estradas federais e estaduais. Havia ainda uma terceira opção para transporte exclusivamente marítimo: desembarcar os volumes diretamente na região da Ponta Negra, utilizando instalações portuárias de emergência. À época, Ponta Negra não contava com acesso ferroviário e o acesso aeroviário seria feito principalmente pelos aeroportos Santos Dumont e Galeão, na cidade do Rio de Janeiro (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964b).

O projeto da usina em Maricá previa a interligação com o sistema elétrico existente por meio da instalação de duas linhas: uma passando por Rio Bonito ou Itaboraí, seguindo para Magé e terminando no estado da Guanabara; outra indo em direção à Região Norte Fluminense, passando primeiro por Araruama e depois por Campos, via Macabu. Essa segunda linha favoreceria o desenvolvimento industrial e social do Norte Fluminense, onde havia carência de energia elétrica (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964b).

No levantamento dos aspectos fundiários foi constatado que a área de interesse compreendia um terreno único, ainda não loteado, e pertencia à pessoa jurídica, características que facilitariam uma eventual desapropriação. Além disso, o preço estimado do metro quadro na região era 1,25% do preço estimado em Grumari, de modo que um terreno de 500ha em Ponta Negra custaria 125 milhões de cruzeiros[21], valor muito inferior aos 10 bilhões estimados para terreno de Grumari (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a,b). Entretanto, o potencial turístico da região já sinalizava uma futura especulação imobiliária. As principais atividades econômicas na região da Ponta Negra eram a agricultura, a pequena pecuária e, principalmente, a pesca (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964b).

[21] Valor que corresponde a aproximadamente 6.180.740 reais em novembro de 2021.

Na aplicação do método de Farmer para seleção de locais para reatores de potência, Ponta Negra obteve um resultado de excelência, correspondendo a aproximadamente 13,5% do valor limiar para escolha do local. Tal resultado devia-se, principalmente, à baixa densidade demográfica nas áreas mais próximas ao ponto indicado para a instalação da usina. Constituído pela Serra do Mato Grosso ao norte, incluindo a projeção do espigão da Ponta Negra no sentido sul, pela Lagoa de Guarapina a leste e pela Lagoa de Jaconé a oeste, o relevo reduzia as possibilidades de crescimento demográfico em direção à usina. As saliências montanhosas da Ponta Negra confeririam uma proteção natural ao local e outras duas outras lagoas maiores, Maricá e Saquarema, reduziam ainda mais a área disponível para ocupação humana. A frequência e a direção dos ventos na Ponta Negra eram consideradas um fator locacional positivo para a segurança nuclear (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964b).

No relevo submarino adjacente à costa da Ponta Negra havia um desnível acentuado, que favoreceria a diluição de efluentes líquidos, devido ao contato destes com grandes massas d'água. Além disso, sob determinado regime de ventos, a circulação costeira não se daria ao longo da praia, evitando que o efluente se concentrasse na zona de arrebentação (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964b). No caso das águas continentais destacam-se as lagoas já mencionadas: Guarapina, conectada ao complexo denominado Lagoa de Maricá, Jaconé e Saquarema, essa última correspondendo a outro complexo lagunar, formado por quatro lençóis d'água unidos por canais. Os rios e riachos mais próximos são todos de pequeno porte. Fora um possível aproveitamento do canal da Guarapina para a captação do sistema de resfriamento, não são feitas outras considerações sobre a utilização das águas continentais no empreendimento. No que diz respeito à sismologia, a ocorrência de movimentos tectônicos na Ponta Negra foi considerada altamente improvável, seguindo o padrão geral do território nacional (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964b).

O estudo de Ponta Negra, assim como aquele realizado para Grumari, não traz uma conclusão geral ou uma recomendação explícita sobre a viabilidade de instalação do reator. Novamente, as conclusões apresentadas para alguns parâmetros (*e.g*. demografia, meteorologia, oceanografia) sugerem que, a princípio, Ponta Negra também seria um local viável para receber primeira usina nuclear do

Brasil. Contudo, seis anos após o estudo, naquele mesmo depoimento do assessor do Ministro de Minas e Energia à CPI, seria dito que a geologia de Ponta Negra não era muito favorável para a implantação do empreendimento (BRASIL, 1970).

Embora a o Centro-Sul do país se mantivesse como a região escolhida para abrigar a primeira usina nuclear brasileira, a Cnen não deixou de fazer levantamentos preliminares, como aquele realizado para o Rio Grande do Sul. Em um estudo sobre o Polígono das Secas, nordeste do Brasil, a Comissão analisou dados demográficos, de abastecimento de água potável e de geração elétrica da cidade de Fortaleza, Ceará, e constatou que num intervalo inferior a 20 anos o abastecimento hídrico e elétrico não seria suficiente para atender a toda população, acarretando na redução da qualidade de vida na cidade (FERREIRA JÚNIOR.; POLLIS, 1964). Buscando uma solução que atendesse simultaneamente aos déficits hídrico e elétrico, a Cnen propôs a instalação de uma planta de dessalinização de água do mar equipada com um reator nuclear de 1.000MW de potência, que seria capaz de gerar 300.000m³ de água potável por dia e mais 150MW de energia elétrica (FERREIRA JÚNIOR.; POLLIS, 1964).

Após uma terceira reavaliação da potência do reator para a primeira usina nuclear brasileira, na qual se buscou equilibrar a minimização dos custos financeiros de implantação e operação do empreendimento com o atendimento dos critérios técnicos de transmissão e distribuição de energia elétrica, a Cnen alterou novamente o projeto, ampliando a potência prevista de 300MW para 500MW (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1965). Nesse mesmo estudo foi feita uma análise prospectiva da geração e do consumo de energia elétrica em diferentes condições hidrológicas nos estados da Guanabara e de São Paulo. Essa análise concluiu que no médio prazo (20 anos) o mercado prioritário para a energia gerada por fonte nuclear seria a área Rio-Guanabara, onde, portanto, deveriam ser instalados os primeiros reatores (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1965).

Embora a Cnen viesse conduzindo estudos locacionais desde o Projeto Mambucaba, em 1959, até 1967 o Governo Federal ainda não havia tomado medidas efetivas para viabilizar a construção de usinas nucleares do país. Essa situação mudou no governo Costa e Silva, quando um decreto presidencial instituiu

um grupo de trabalho especial, formado por representantes do Ministério de Minas e Energia (MME), do Conselho de Segurança Nacional (CSN) e da Cnen. Esse grupo deveria propor um mecanismo de cooperação entre o Ministério e a Cnen que definisse as atribuições e competências de cada órgão na implantação de usinas nucleares (BRASIL, 1967). O presidente esperava que dessa cooperação resultasse "um programa de produção comercial de eletricidade, com base na energia do átomo, incluindo uma recomendação específica em relação à oportunidade, dimensão e local da instalação da primeira usina geradora núcleo-elétrica" (COSTA E SILVA, 1967, p. 51).

O grupo de trabalho propôs, então, que fosse celebrado um convênio de cooperação entre a Cnen e a Eletrobras (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA *et al*., 1967), sociedade de economia mista subordinada ao MME, responsável pela "realização de estudos, projetos, construção e operação de usinas produtoras e linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica" (BRASIL, 1961, não paginado). Nesse convênio as atribuições relativas à localização de usinas seriam divididas da seguinte forma: caberia à Cnen estabelecer as normas para localização, priorizando a segurança das usinas, das populações e do ambiente circunvizinhos ao empreendimento; e caberia à Eletrobras escolher os locais de acordo com essas normas. Feita a escolha, a empresa deveria apresentar um relatório do local à Cnen, que poderia aprová-lo ou não (ELETROBRAS; COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1968).

Essa divisão de atribuições trazida pelo convênio faria com que os estudos locacionais deixassem de ser conduzidos pela Cnen, como ocorria desde o início, e passassem a ser conduzidos pelas empresas do setor elétrico, notadamente a Eletrobras e suas subsidiárias. Apesar da prerrogativa da Eletrobras, as Centrais Elétricas do Pará (Celpa), sociedade de economia mista controlada pelo estado paraense, foram a primeira empresa do setor a conduzir um estudo de viabilidade de usinas nucleares[22] (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968). A

[22] Quando nos referimos à condução do estudo, estamos nos referindo à instituição que coordena o projeto, cuja execução pode se dar de forma direta ou indireta, por meio de terceiros. O estudo paraense, por exemplo, foi executado pelo Instituto de Pesquisas Radioativas da Universidade Federal de Minas Gerais, em atendimento a um contrato firmado entre o Instituto e a Celpa (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968).

seguir, iremos enfatizar os aspectos relativos à escolha de sítio apresentados nesse estudo.

A região nordeste do Pará compreende um trecho de aproximadamente 200km da costa atlântica entre Belém e Bragança, que corresponde a cerca de 1,5% da área do estado. Em meados da década de 1960, essa região concentrava aproximadamente 48% da população paraense e foi apontada como a única região do estado que teria problemas de abastecimento de energia elétrica em curto prazo. Por isso, o estudo da Celpa calculou qual seria o aumento necessário na capacidade instalada para evitar uma possível escassez de eletricidade e analisou diferentes cenários, considerando a inclusão de hidrelétricas, termelétricas convencionais ou usinas nucleares no sistema elétrico local (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968).

No nordeste do Pará havia apenas uma cidade grande, Belém, cuja população era de cerca de 500.000 habitantes. Dentre as demais cidades, todas pequenas, destacavam-se Bragança, Castanhal e Capanema, respectivamente com 20.000, 10.000 e 15.000 habitantes. As cidades eram conectadas entre si por uma rede de estradas, que, por sua vez, ligava-se ao restante do país por meio da Rodovia Belém-Brasília. Em Belém estavam ainda o principal porto da região, com razoável capacidade para desembarque de grandes cargas, e um aeroporto internacional que conectava o Centro-Sul do Brasil com a região amazônica e o exterior (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968). A transformação de gêneros alimentícios era a principal atividade industrial da região (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1966b). Destacavam-se ainda a agricultura, com cultivos de arroz, milho, feijão, mandioca e pimenta-do-reino, a silvicultura da borracha e a pesca. Regionalmente a pecuária era restrita e não constituía uma atividade econômica relevante (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968).

O nordeste do Pará é cortado por diversos rios, todos com grande variação sazonal na vazão. No entanto, o Rio Guamá apresentava fluxo mínimo muito superior aos demais, sendo o único capaz de fornecer o volume de água necessário ao sistema de resfriamento de uma central nuclear com potência entre 100MW e 400MW, que era a faixa prevista pelo estudo. Ainda com relação à hidrologia, foi

destacada a influência das marés sobre a linha de costa e os rios da região: devido ao relevo plano, em alguns locais as marés de sizígia ultrapassavam 5m de altura e afetavam várzeas cerca de 40km distantes da foz (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968).

Além da disponibilidade de água para resfriamento, o estudo considerou ainda os seguintes fatores locacionais: a proximidade às linhas de transmissão existentes, fator que excluiu o extremo norte da região nordeste; já a presença de infraestrutura de transporte, a proximidade do centro de carga e a proximidade de um centro urbano eram fatores que condicionavam a instalação do empreendimento relativamente próximo à Belém, devido à presença do porto, ao elevado consumo de energia da cidade e à possibilidade de fornecimento de mão de obra, alojamento e comunicações. Embora fosse um fator altamente relevante, as condições do solo não foram analisadas nesse estudo, considerado preliminar do ponto de vista da escolha de sítio (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968).

Dentre os fatores diretamente relacionados à segurança nuclear, foram considerados: a direção dos ventos, a densidade demográfica, o uso agrícola do solo e a distância aos principais centros populacionais. Quanto maior a potência escolhida para o reator, maiores deveriam ser as áreas com baixa densidade populacional e poucas terras cultivadas ao redor do empreendimento e mais distante ele deveria estar dos principais centros populacionais. Além disso, os ventos deveriam soprar predominantemente para longe desses centros, independentemente da potência do reator (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968).

A partir da análise conjunta de todos os fatores locacionais, o banco do Rio Guamá, a leste de Belém, foi apontado como a área mais adequada para instalação da usina. Essa área ainda foi subdividida em duas partes, devido à presença do Núcleo Colonial do Guamá, um dos locais de maior produtividade agrícola do nordeste do Pará. Assim, uma subárea situava-se entre Belém e o Núcleo Colonial e a outra situava-se a leste desse último. A segunda subárea provavelmente seria a mais adequada para a instalação da usina, embora uma decisão final dependesse de um estudo mais detalhado, especialmente no que diz respeito à resistência do solo e aos critérios de segurança nuclear (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968).

Embora o estudo da Celpa tenha chegado a definir uma área para receber a usina nuclear paraense, ele não foi conclusivo sobre a utilização dessa fonte energética. Foram apontadas lacunas na legislação sobre energia nuclear que possivelmente impediriam a construção imediata de uma usina. Adicionalmente, os dados disponíveis sobre aproveitamento hidráulico indicavam que os locais adequados para a instalação de hidrelétricas capazes de abastecer o nordeste do Pará eram remotos e de difícil acesso, dificultando uma avaliação precisa sobre a utilização dessa fonte. Nesse contexto, sob a perspectiva econômica, a recomendação do estudo foi instalar uma termelétrica a óleo de 50MW, que atenderia um primeiro aumento na demanda. Num segundo aumento, a demanda poderia ser suprida pela instalação de uma usina nuclear de 200MW, porém essa decisão só deveria ser tomada após uma avaliação mais detalhada da viabilidade do uso da fonte hidrelétrica (INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS, 1968).

Seguindo o pactuado no convênio com a Eletrobras, a CNEN publicou a Resolução 09/69 e cumpriu sua atribuição de estabelecer normas para localização de reatores nucleares no país. De acordo com essa Resolução, os seguintes fatores deviam ser avaliados para a aprovação de um local: características gerais do projeto; distribuição da população; presença de vias de acesso; uso do solo; distância aos centros populacionais; sismologia; meteorologia; geologia; e hidrologia. No entanto, a Resolução permitia que um reator fosse instalado em um local com algumas características físicas desfavoráveis, desde que o projeto contemplasse soluções de engenharia capazes de suprir essas deficiências (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1969).

Além dos fatores locacionais citados, a Resolução previa ainda a delimitação de uma área de exclusão ao redor do reator, a qual devia estar totalmente sob controle da operadora da usina, e de uma zona de baixa população. Nessa última, a normativa não definia um tamanho populacional específico, o necessário era que houvesse infraestrutura suficiente para promover a evacuação ou o abrigamento de todos os habitantes da zona dentro de um determinado intervalo de tempo após o início de um acidente nuclear grave (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1969).

Cabe ainda ressaltar que a Resolução 09/69 era praticamente uma cópia da normativa Part 100 – Reactor site criteria, publicada pelos EUA em 1962. Portanto, considerando a intensa atividade internacional do setor nuclear brasileiro ao longo da década de 1960, a qual incluiu interações com a agência reguladora USAEC (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1966–1969), é provável que essa norma americana tenha influenciado os estudos locacionais elaborados no Brasil durante esse período. Esse vínculo comum com a Part 100 explicaria as similaridades entre os fatores locacionais avaliados naqueles estudos e os fatores que viriam a ser indicados para avaliação pela Resolução 09/69.

Pelo lado da Eletrobras, o convênio com a Cnen fez com que a empresa delegasse à sua subsidiária Central Elétrica de Furnas a construção, operação e manutenção da primeira central nuclear brasileira (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970a). Furnas era a principal estatal federal do setor elétrico no Centro-Sul do Brasil, região escolhida para o projeto nuclear, possuindo à época da delegação cinco hidrelétricas, uma termelétrica convencional e um sistema de transmissão composto por cerca de 1.600km de linhas e seis subestações. Era, portanto, uma empresa acostumada a grandes obras, dotada de organização técnico-administrativa robusta e com vasta experiência internacional. Adicionalmente, o sistema transmissão de Furnas interligava os demais sistemas elétricos do Centro-Sul, garantindo o suprimento de energia aos centros consumidores de maior importância no país: São Paulo, Guanabara, estado do Rio de Janeiro e região de Belo Horizonte (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970a).

As necessidades de inserir a usina nuclear em seu sistema elétrico e de água disponível para o resfriamento do reator de 550MW fizeram com que Furnas buscasse um local no litoral dos estados do Rio de Janeiro e da Guanabara (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970a). Como havia um alinhamento entre o conteúdo dos estudos locacionais realizados pela Cnen e a Resolução 09/69, Furnas pôde tomar esses estudos, especialmente aqueles do Vale do Mambucaba[23], Grumari e Ponta Negra, como ponto de partida para a escolha do local. Em seguida, a empresa fez um "cuidadoso levantamento aerofotogramétrico e geo-econômico

[23] Embora focado na instalação de um reator de 150MW no vale do Rio Mambucaba, esse estudo indicou também algumas localidades costeiras nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Guanabara que poderiam abrigar um reator com potência superior (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961).

de todo o litoral da região compreendida entre Cabo Frio e Parati" (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970a, p. III-4) e escolheu a Praia de Itaorna, distrito de Cunhambebe, Angra dos Reis, para a implantação do empreendimento. Por fim, Furnas elaborou um relatório com a descrição e informações sobre Itaorna para que a Cnen pudesse avaliar e aprovar o local escolhido.

Esse relatório incluiu a avaliação dos seguintes parâmetros: geologia; infraestrutura (acesso rodoviário e marítimo; disponibilidade de água potável; interligação com a rede elétrica e fornecimento de energia durante as obras; alojamento para trabalhadores nas fases de construção e operação); demografia, hidrologia (águas continentais e marinhas), meteorologia e sismologia, essas voltadas para a questão da segurança nuclear (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b).

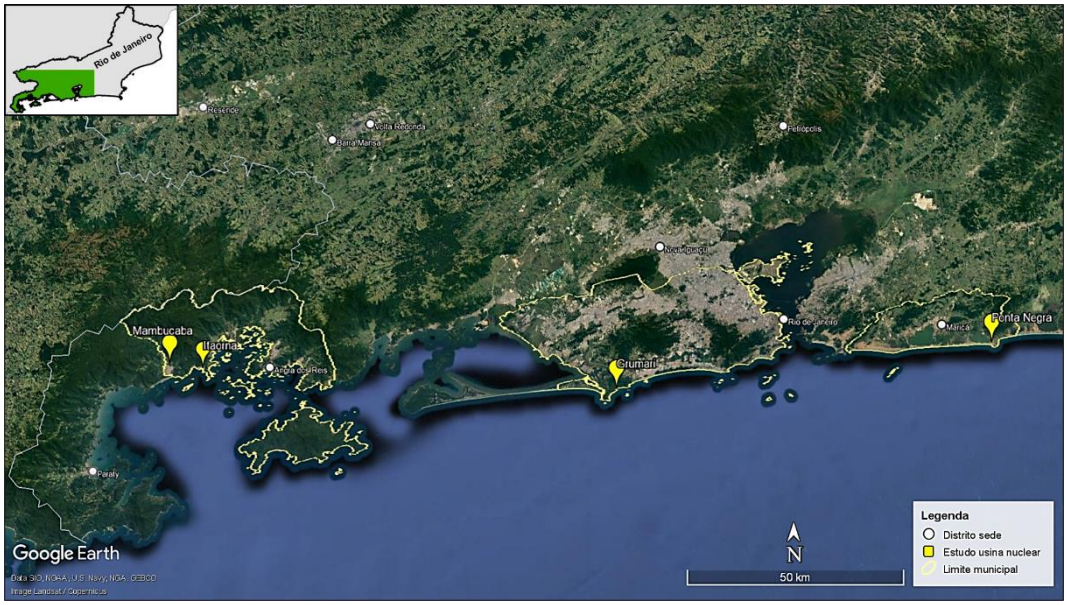
Localizada entre a Serra do Mar e a Baía da Ilha Grande, Itaorna está a leste do Vale do Mambucaba, a uma distância linear de aproximadamente 8km, e a oeste de Grumari, do qual dista cerca de 94,5km em linha reta (Figura 8). Assim como observado em Ponta Negra e Grumari, o relevo de Itaorna tem a conformação de um anfiteatro à beira-mar: há uma área plana cercada por montanhas de 200 a 700 metros de altura. A topografia da região caracteriza-se pela presença de enseadas e projeções rochosas, muitas das quais formam ilhas. Destacam-se as ilhas Grande e Sandri, cuja presença restringe o efeito das ondas sobre Itaorna. Devido às formações rochosas e aos solos, foi prevista a necessidade de empregar estacas de fundação para as principais estruturas da usina. Adicionalmente, antes e durante a construção seria necessário um controle piezométrico cuidadoso ao redor das fundações devido às variações no nível da água subterrânea (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b).

O acesso terrestre ao local era bastante precário, sobretudo devido aos dois trechos que conectavam a Rodovia RJ-16[24] à Itaorna: o primeiro, entre a Rodovia e a Praia Grade do Frade, possuía "29km em terra, especificações de rodovias de segunda classe, instabilidade do solo em alguns trechos, precariedade ou ausência de algumas obras de arte, utilização em função das chuvas caídas" (CENTRAL

[24] A antiga Rodovia RJ-16 corresponde ao trecho Getulândia-Jurimirim da atual RJ-155, também conhecida como Rodovia Engenheiro Franciso Saturnino Braga, que conecta os municípios de Rio Claro e Angra dos Reis (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b; RIO DE JANEIRO, 2020).

ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b, p. 45). Já o segundo correspondia a um caminho de serviço de 5,5km, que permitia apenas a passagem de veículos leves. Esperava-se que a construção do trecho Rio-Santos da Rodovia BR-101, com início das obras previsto para 1971, permitisse o transporte de cargas, ainda que limitado, ao local da futura usina nuclear. Contudo, o acesso por mar era a solução mais indicada para o transporte de equipamentos pesados até Itaorna. Por isso, o relatório indicava a necessidade de se construir no local um cais para atracação e descarga de navios, que poderiam partir dos portos de Santos, Angra dos Reis ou Rio de Janeiro (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b).

Figura 8 – Localidades no estado do Rio de Janeiro onde foram conduzidos estudos para instalação de usinas nucleares entre 1960 e 1970.

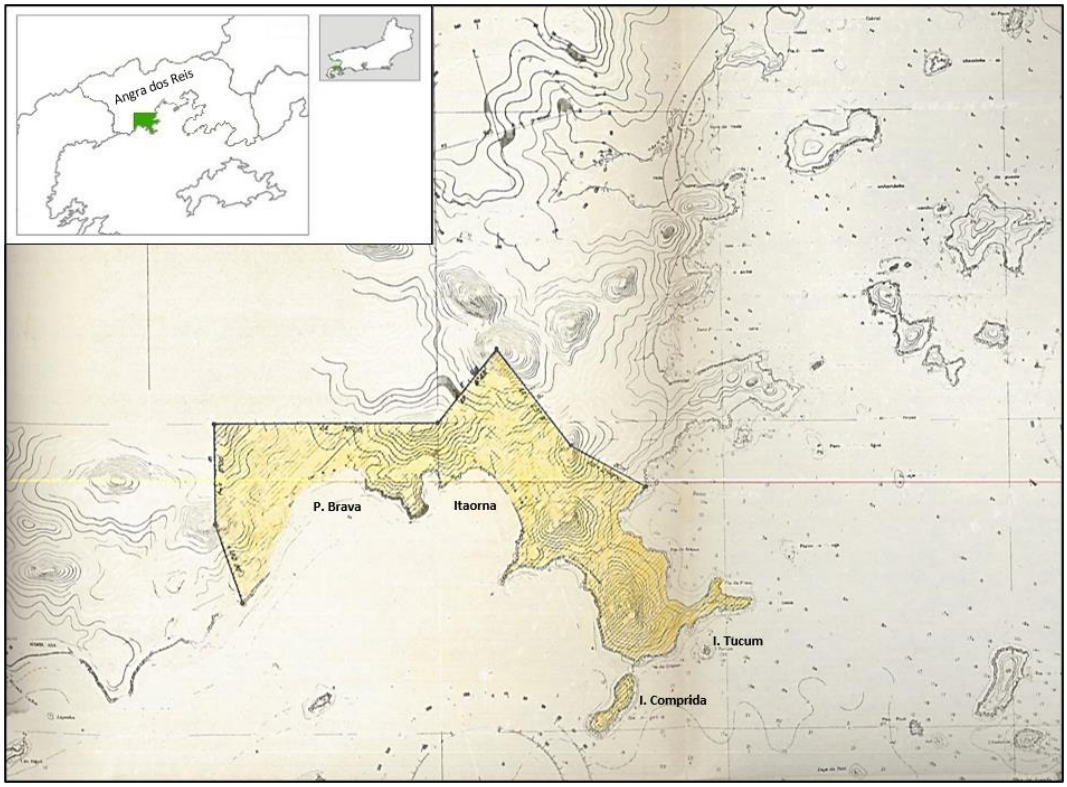


Fonte: o autor.

O escoamento da produção da usina nuclear seria feito pelo sistema elétrico de Furnas, por meio da instalação de uma linha de transmissão conectando Itaorna à subestação de Adrianópolis, no município fluminense de Nova Iguaçu. Já a energia necessária à construção, entrada em operação e situações de emergência na usina seria fornecida pela subestação de Jacuecanga, localizada no distrito homônimo em Angra dos Reis e conectada à termoelétrica de Santa Cruz, outro empreendimento de Furnas (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b).

Do ponto de vista fundiário, foi identificada a necessidade de desapropriação de três áreas: as ilhas Comprida, Tucum e mais uma área continental incluindo Itaorna e Praia Brava (Figura 9). Nesse conjunto, foram listados 30 proprietários cujas terras deveriam ser desapropriadas (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970c). Embora o relatório do local não estimasse o valor total dos terrenos, dados publicados no Jornal do Brasil indicam que a desapropriação custaria aproximadamente 3 milhões de cruzeiros[25] (DESAPROPRIADOS, 1970). Esse valor era cerca de 4,5 vezes maior que os custos estimados para Ponta Negra, porém correspondia a apenas 5,5% daqueles estimados para Grumari (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a,b). As principais atividades econômicas realizadas nos arredores de Itaorna eram a pesca e a agricultura de subsistência, na qual se destacava a bananicultura (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b).

Figura 9 – Área a ser desapropriada (polígono amarelo) no distrito de Cunhambebe, Angra dos Reis (RJ), para a instalação da usina nuclear em Itaorna.



Fonte: modificado de Central Elétrica de Furnas (1970c).

[25] Valor equivalente a aproximadamente 26.969.774 reais em janeiro de 2022.

As estimavas populacionais indicavam que aproximadamente 1.200 pessoas viviam em um raio de 10km de Itaorna (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b), número baixo se comparado com o Vale do Mambucaba, Ponta Negra e Grumari, cujas estimativas indicavam, respectivamente, 1.500, 4.200 e 37.000 habitantes nesse mesmo raio (ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES, 1961; COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1964a,b). Além da demografia, outro fator favorável à segurança nuclear era a aparente ausência de ligação direta entre as águas do subsolo de Itaorna e dos locais vizinhos, o que poderia evitar uma eventual contaminação das águas subterrâneas da região (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b).

O local está inserido em uma área caracterizada por poucos movimentos de ar, geralmente resultantes de brisas marítimas naturais ou da convecção induzida pelo sol, com alta incidência de calmarias. Contudo, dados sobre circulação atmosférica na escala necessária para compreender esse fenômeno em Itaorna ainda não estavam disponíveis quando o relatório do local foi elaborado, não sendo possível prever as principais rotas de dispersão de efluentes gasosos da futura usina. Também não havia dados disponíveis sobre a circulação costeira, necessários ao mapeamento dos efluentes líquidos lançados ao mar. Esses efluentes possuíam dupla função: remover o calor não aproveitado na conversão da energia térmica em elétrica e diluir, dispersar pequenas quantidades de rejeitos radioativos oriundos da corrosão natural dos sistemas da usina. Visando suprir essas lacunas, o relatório indicava a necessidade de se realizar estudos oceanográficos e meteorológicos específicos, além de estudos biológicos que avaliassem uma possível acumulação de elementos radioativos nas teias tróficas marinhas, sobretudo naquelas que incluíam o ser humano (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b).

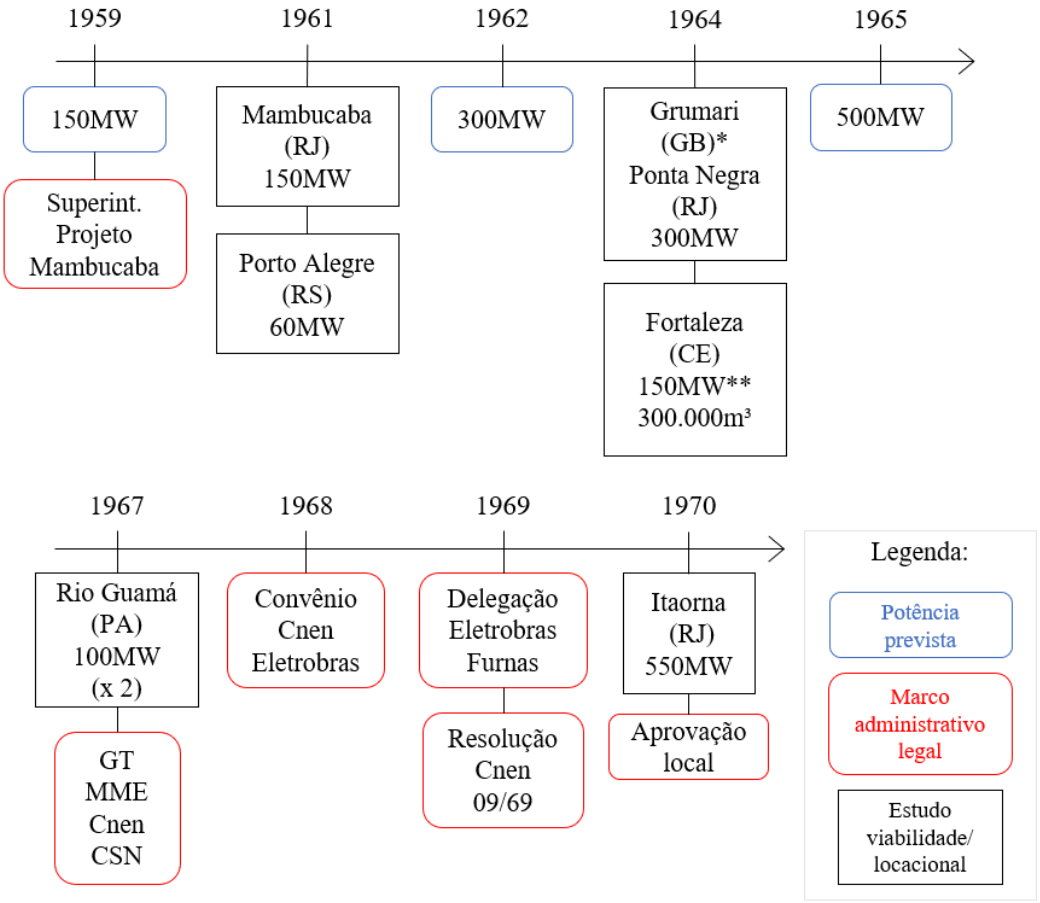
Também não havia ainda um levantamento geofísico detalhado de Itaorna para assegurar a ausência de falhas ativas ou determinar a idade e o comportamento dinâmico destas, e para indicar no local os pontos mais adequados às construções e subsidiar o projeto das fundações. A ausência de registro de abalos sísmicos significativos nesta região do Brasil era outro fator locacional favorável. Apesar desse cenário, como medida de segurança, foi recomendado que o anteprojeto considerasse uma aceleração máxima do solo alta, compatível com tremores nunca registrados na região (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 1970b).

O depoimento do presidente da Cnen à CPI sobre recursos minerais para desenvolvimento da energia nuclear citou um último fator locacional favorável de Itaorna: espaço suficiente para instalar mais de um reator nuclear (BRASIL, 1970a).

Em 1970, após realizar inspeções em Itaorna e analisar o relatório elaborado por Furnas, a Cnen concluiu que o local atendia à Resolução 09/69 e, portanto, poderia ser aprovado. Contudo, o órgão determinou que fossem feitos os estudos complementares pendentes (oceanografia, meteorologia, geofísica) e que os fatores sísmicos conservadores fossem incorporados também ao projeto final. Além disso, solicitou ainda um estudo de radioecologia marinha nos arredores de Itaorna e ajustes no projeto que resguardassem a Central Nuclear da interferência do traçado da Rodovia BR-101, que se encontrava em planejamento naquele momento (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1970).

Quase uma década após o Projeto Mambucaba, a aprovação de Itaorna interrompeu uma sequência de estudos exploratórios para a localização da primeira usina nuclear brasileira. A síntese desse processo está representada na Figura 10. Na sequência, vamos identificar e conectar elementos dos três domínios da teoria relacional que compuseram o lugar recém-criado da Central Nuclear de Angra dos Reis e vamos discutir sua nuclearidade.

Figura 10 – Síntese dos estudos para a instalação de usinas nucleares no Brasil entre 1959 e 1970.



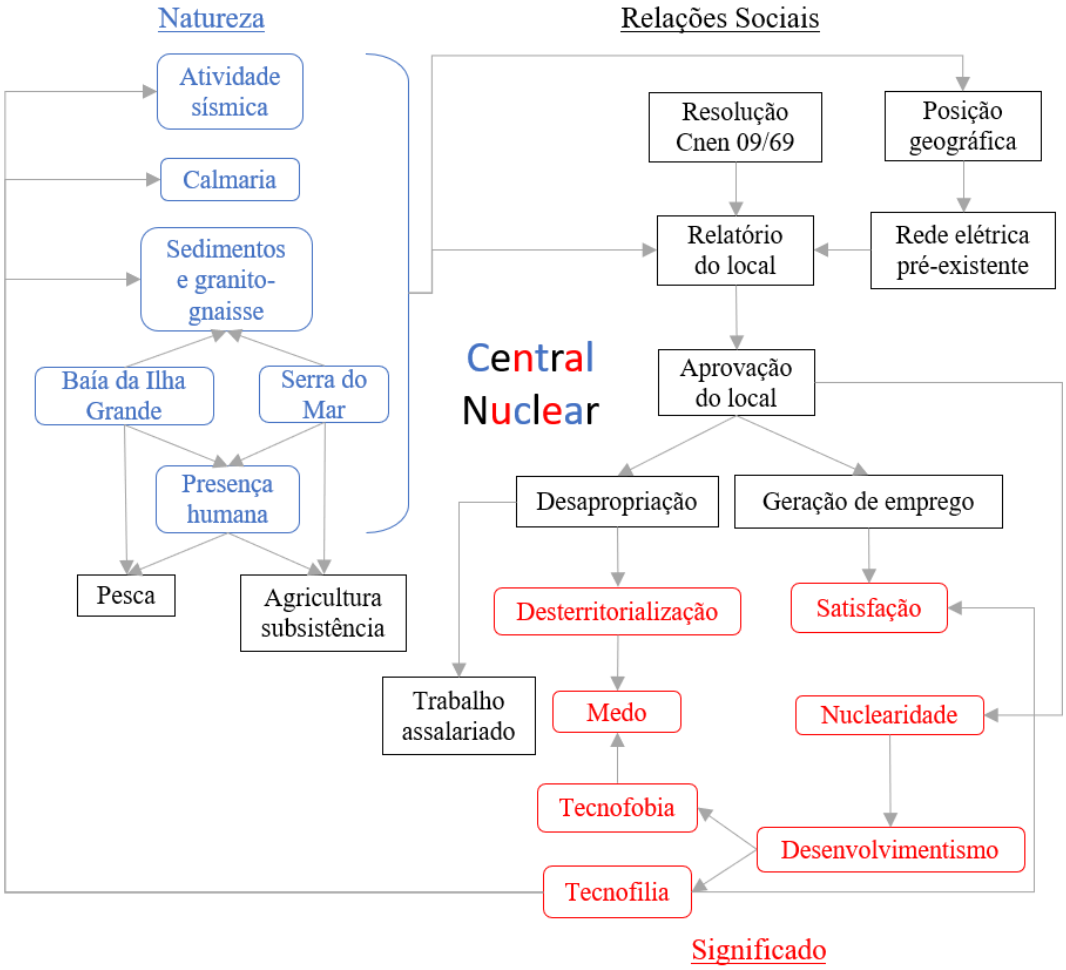
* Estado da Guanabara, atual município do Rio de Janeiro.
** Reator de duplo propósito: geração elétrica e dessalinização da água do mar.

Fonte: o autor.

3.3 Um lugar chamado Central Nuclear

De acordo com a teoria relacional de Robert Sack (1997), o lugar é formado pelo entrelaçamento dos domínios da natureza, das relações sociais e do significado. Durante a descrição da escolha do local, foram apresentados elementos da natureza (*e.g.* Serra do Mar, Baía da Ilha Grande, presença humana) e das relações sociais (*e.g.* Resolução 09/69, relatório do local, desapropriação) cuja interação culminou na criação do lugar da Central Nuclear de Angra dos Reis em 1970. Na Figura 11 estão representados os principais elementos que mapeamos e suas interações dentro e entre domínios.

Figura 11 – Estrutura do lugar da Central Nuclear em 1970.



Fonte: o autor.

A baixa densidade populacional (presença humana) e as atividades econômicas desenvolvidas em Itaorna (pesca e agricultura de subsistência) eram resultado do relevo acidentado e da ausência de áreas planas entre a Serra do Mar e a Baía da Ilha Grande. Da mesma forma, os agentes do relevo que produziram estes acidentes geográficos também foram responsáveis pela estrutura da crosta terrestre no local (sedimentos e granito-gnaisse), elemento determinante na escolha das fundações dos edifícios do empreendimento. A posição geográfica, isto é, a distância relativa entre Itaorna e os locais onde se desenvolveram grandes centros urbano-industriais (regiões metropolitanas de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro), juntamente com a rede de transmissão elétrica pré-existente, foi outro elemento decisivo, pois desde o Projeto Mambucaba a região Centro-Sul do Brasil era a mais cotada para instalação de uma usina nuclear. O relatório do local traduziu

os elementos do domínio da natureza para as relações sociais, permitindo à Cnen aprovar Itaorna. Essa aprovação marcou a criação do lugar da Central Nuclear: a partir dela seriam alteradas tanto as interações espaciais existentes quanto as regras do que era permitido e proibido por lá.

Diferentemente dos demais domínios, o significado e seus elementos não aparecem de forma explícita durante a descrição da escolha do local. Por isso, foi necessário buscá-los nos discursos daqueles que consideramos os principais atores envolvidos na construção desse lugar: os agentes públicos ligados ao projeto nuclear brasileiro e os habitantes da área onde seria instalada a usina. Nesse contexto, o primeiro elemento a ser destacado é o desenvolvimentismo, que, segundo Pedro Cezar Fonseca (2015), compreende um projeto de nação com intervenção estatal consciente e determinada, no qual a industrialização é vista como caminho para acelerar o crescimento econômico, produtividade e a difusão do progresso técnico.

O papel da energia nuclear na perspectiva desenvolvimentista é bem exemplificado em falas do Presidente Costa e Silva, como: “a energia nuclear desempenha papel transcendente e é, sem dúvida, o mais poderoso recurso a ser colocado ao alcance dos países em desenvolvimento, para reduzir a distância que os separa das nações industrializadas” (COSTA E SILVA, 1967, p. 50) ou “utilização pacífica da energia atômica será fator preponderante do desenvolvimento nacional, interessando à nossa segurança interna e também à perspectiva de progresso de toda a América Latina” (COSTA E SILVA, 1967, p. 51).

Outros dois elementos do significado são a tecnofilia e a tecnofobia. De acordo com Barry Richards (1993), esses termos servem para destacar como as tecnologias despertam nas pessoas fortes sentimentos positivos e negativos, respectivamente, que impedem uma discussão racional sobre elas, produzindo atitudes de reverência ou desdém em vez de uma avaliação realista de seus custos e benefícios socioambientais.

A tecnofilia fica clara no discurso de agentes públicos como Marcos Grimberg da Cnen, para quem “se uma pessoa beber água durante um ano na boca de um dos canos de descarga da usina atômica, não absorverá radiação superior à

quantidade suportável pelo corpo humano" e "que a ausência de perigo é total 'senão absoluta' [sobre a possibilidade de um acidente com o reator]" (ÁREA, 1970, p. 14), e Arikerne Sucupira, professor universitário e membro da Comissão Estadual de Energia Nuclear, que justificava a imagem negativa da energia atômica devido ao seu uso bélico na Segunda Guerra Mundial e afirmava que "uma usina atômica atualmente pode ser instalada até no quintal de uma casa, sem que haja o menor problema de contaminação nuclear" (ÁREA, 1970, p. 14). A tecnofilia também está presente no relatório do local, sobretudo quando soluções de engenharia são apontadas como resposta a condições naturais desfavoráveis (*e.g.* estaqueamento das fundações devido à geologia de Itaorna e estruturas superdimensionadas em função da sismologia regional). Nesse contexto, ela contribui para um sentimento de satisfação entre os agentes públicos ligados ao projeto nuclear.

Já a tecnofobia está presente no discurso da população que habitava Itaorna e arredores no momento da implantação do empreendimento, como registrado pelo Jornal do Brasil:

> Os habitantes não entendem muito bem o que seja uma usina atômica, mas todos são unânimes no temor "à bomba atômica". Há uma crença geral de que a usina é muito perigosa e por isso eles nos explicaram que devemos sair.
>
> Muitos garantem que quando a usina começar a funcionar, caso haja algum defeito, os habitantes que residem nas proximidades poderão todos morrer ou então "terem filhos aleijados, com mulher dando à luz no terceiro ou quarto mês" (MAQUINARIA, 1970, p. 19).

Ela vai contribuir para uma sensação de medo entre a população local, a qual pode ter sido reforçada pela desterritorialização. Com base na definição de Rogério Haesbaert (1995), entendemos a desterritorialização como a consequência simbólico-cultural da desapropriação das terras para a instalação da usina. Nessa perspectiva, ela representa a possibilidade de desestruturação do modo de vida caiçara, baseado na agricultura de subsistência, na pesca, no isolamento relativo e no pequeno comércio (ADAMS, 2000a), e do aumento da inserção daquelas comunidades na lógica capitalista, baseada no trabalho assalariado oferecido pelo novo empreendimento e na residência em núcleos populacionais maiores, mais conectados ao sistema global.

Um de nossos entrevistados, de origem caiçara, dá um depoimento bastante ilustrativo sobre essa desestruturação do modo de vida tradicional e inserção na lógica capitalista:

> A terra deixou de ser uma coisa da natureza para ser uma coisa a ter dono, a ter posse. E aí, brigas familiares por divisão de terras, coisa que não existia antes. A relação das pessoas mudou. Eu escuto isso muito dos mais velhos. As pessoas moravam longe, mas as pessoas eram muito próximas, hoje as pessoas moram "tudo colado" no outro, mas ninguém se fala. Essas relações no geral mudaram. Aí quando as coisas da natureza passam a ter preço, as próprias relações sociais, por exemplo, a partilha, que é uma relação social, que é você colher e dividir entre os parentes, dividir entre os amigos, ela deixa de existir e é substituída por uma relação econômica que é de compra e venda. As pessoas param de dividir para começar a comercializar e tentar acumular dinheiro em vez de acumular afeto. A partilha é um acúmulo de afeto, né. Você ganha mais conforme você é mais querido. Tem essa coisa que não é o objetivo, de ser querido para ganhar mais, mas é uma consequência. Então era um capitalismo afetivo, as pessoas acumulavam afetos entre si. As pessoas abdicaram da busca pelo acúmulo de afeto pela busca do acúmulo de capital e isso muda completamente as relações sociais entre os caiçaras do Frade[26] (entrevistado nº 17).

O depoimento de outro entrevistado, especialista na história da região da Central Nuclear, complementa a descrição desse processo:

> A começar, vai mudar o lazer. Qual era o lazer das pessoas antes da BR [rodovia BR-101] e da usina nuclear? Eram o jongo e as cirandas. Então o pessoal de onde [atualmente] é a usina ia participar das festas na vila histórica de Mambucaba. Então você tinha assim, tinha os violeiros de Paraty, os da vila histórica de Mambucaba e pequenas comunidades que transitavam entre elas, usando barcos.
>
> As tradições foram sumindo. Por que? Porque a tradição da ciranda, do violeiro dependiam de um fluxo de pessoas que deixa de existir. Deixa de existir não, muda. Porque antes era o barco, era um ritmo, era um tempo. Aí você tem uma BR, a BR traz a novidade. Os funcionários dos empreendimentos vão trazer novos modos. Aí as tradições começam a ficar restritas a pequenos grupos que resistem, como Tarituba com a ciranda (entrevistado nº 11).

No entanto, a desterritorialização despertava sentimentos contraditórios nas pessoas: enquanto uns tinham medo da transformação de seu modo de vida, outros

[26] Bairro do distrito de Cunhambebe, próximo à Central Nuclear, que experimentou grande crescimento populacional a partir da década de 1970.

viam na geração de empregos a possibilidade de uma vida melhor. Conforme registrado no Jornal do Brasil:

> Muitos acreditam que consigam emprego com o início dos trabalhos, mas outros se mostram pessimistas pois não sabem o que farão em outras áreas. Eles vivem com uma renda média, por família, de Cr$60,00[27], a possibilidade de emprego num órgão federal tem despertado grandes esperanças, "pois esse povo costuma pagar muito dinheiro" (MAQUINARIA, 1970, p. 19).

De fato, em dezembro de 1970 as obras preparatórias da Central Nuclear empregavam mais de cem trabalhadores, a maioria recrutada entre as famílias que tiveram suas terras desapropriadas. Jornalistas que visitaram a área longo daquele ano afirmaram que o medo indisfarçado dos moradores em relação ao empreendimento se converteu em uma espécie de orgulho (USINA, 1970).

A aprovação do local tornou Itaorna um lugar nuclear, embora seu grau de nuclearidade ainda fosse baixo naquele primeiro momento. Mesmo assim, isso contribuiu para fortalecer o discurso desenvolvimentista, pois entre as décadas de 1950 e 1970 a tecnologia nuclear significava vigor e modernidade (MCNEILL, 2001); era a expectativa de energia abundante e barata, a ferramenta para superar diversos obstáculos ao desenvolvimento da humanidade (SMIL, 2016).

No espectro técnico da nuclearidade, as obras preparatórias em andamento (serviços de topografia, terraplanagem, drenagem etc.) em nada diferiam daquelas realizadas nos grandes empreendimentos convencionais e a instalação da tecnologia nuclear propriamente dita, ainda estava distante. No espectro político, tampouco ocorreram mudanças significativas: em 1969, cerca de um ano antes da escolha de Itaorna, o município de Angra dos Reis já havia sido declarado de interesse da Segurança Nacional. De acordo com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – Ibam (1982), essa medida foi uma forma de apaziguar a disputa pelo poder entre grupos políticos locais, pois o chefe do executivo municipal passou a ser indicado pelo Governo do Estado, com aprovação prévia da Presidência da República, sem que houvesse eleições para o cargo[28]. Analisando as atas da Câmara

[27] Valor equivalente a 562,78 reais em janeiro de 2022. Na data da reportagem, o salário mínimo determinado pelo Governo Federal para sub-região fluminense onde está localizada Angra dos Reis era equivalente a 191,92 cruzeiros (BRASIL 1970b), de modo que a renda média por família em Itaorna e arredores era menos de um terço do salário mínimo vigente.

[28] A autonomia política de Angra dos Reis, assim como de outros municípios de interesse da Segurança Nacional, só foi reestabelecida com o fim do regime militar e a reabertura democrática do país (BRASIL, 1985a,b).

Municipal de Angra, o Instituto também constatou que a implantação da Central Nuclear não foi tema de debates no legislativo durante a década de 1970.

Entretanto, no início da década de 1980 novos elementos dos domínios das relações sociais e da natureza entraram na trama da Central Nuclear, aumentando a nuclearidade do lugar. O primeiro deles foi a Autorização Provisória para Operação (APO) de Angra 1, concedida pela Cnen à Furnas em 1981, após a empresa apresentar evidências da segurança das instalações, da qualificação técnica dos operadores, do planejamento de emergência e da responsabilidade civil em caso de acidentes (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1981a). O segundo elemento, o urânio[29], entrou na trama dias depois da emissão da APO, quando ocorreu o primeiro carregamento do núcleo do reator. Na sequência, em 1982, o reator atingiu sua primeira criticalidade, isto é, o urânio lá presente entrou num processo autossustentado de fissão nuclear (ELETRONUCLEAR, sem data; COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2021), o que permitiu o início da geração elétrica e conferiu à Itaorna um alto grau de nuclearidade.

Angra 1 operou em caráter experimental entre 1982 e 1984, período em que o reator de 640MW foi mantido a maior parte do tempo abaixo de sua potência máxima e o gerenciamento de carga no sistema interligado Sudeste não dependia da produção dessa usina. Posteriormente o reator atingiu 100% de potência e a operação comercial da planta começou em 1985 (ELETRONUCLEAR, sem data). Naquele ano a usina apresentou desempenho satisfatório e sua produção correspondeu a cerca de 50% da energia termelétrica gerada pelos sistemas interligados do país. Contudo, devido a problemas com equipamentos, Angra 1 apresentou elevado grau de indisponibilidade entre 1986 e 1988, prejudicando a confiabilidade do suprimento de energia elétrica aos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo (CACHAPUZ, 2003; INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2021).

[29] De acordo com Sack (1997), os elementos do domínio da natureza existem e operam sem a interferência humana, ainda que eles tenham sido alterados ou aproveitados por nós. Um rio canalizado, por exemplo, continuará seguindo seu fluxo, suas águas continuarão congelado, evaporando etc. Nessa perspectiva, apesar do urânio passar por um complexo processo de beneficiamento até se tornar combustível nuclear, neste estudo o consideramos um elemento da natureza.

O início do funcionamento do reator não representou apenas mudanças no espectro técnico da nuclearidade, mas também no espectro político-econômico. Analisando as receitas municipais de Angra dos Reis entre 1970 e 1980, o Ibam (1982) constatou que não houve influência direta da implantação da Central Nuclear sobre elas, devido a quatro fatores: a legislação da época isentava as obras civis realizadas por concessionárias de serviços públicos do pagamento do imposto municipal sobre serviços; os materiais de construção utilizados no empreendimento não foram adquiridos em Angra; os imóveis de propriedade de Furnas não pagavam impostos; e não houve alteração do coeficiente de Angra dos Reis no rateio do Fundo de Participação dos Municípios.

Gláucia Silva (2009) corrobora essa constatação, afirmando que até 1983 Furnas não pagava ao município nenhum tipo de contribuição financeira devido à presença da Central Nuclear. A autora destaca que essa situação mudou naquele ano, quando a Prefeitura começou a celebrar convênios com Furnas: o primeiro deles teve como objetivo justamente organizar a Defesa Civil Municipal para atendimento do Plano de Emergência da Central Nuclear. Portanto, o aumento do grau de nuclearidade de Itaorna foi preponderante para uma mudança nas relações sociais entre a empresa e a Prefeitura.

Diferentemente das relações sociais, não houve uma mudança expressiva no domínio do significado com o aumento do grau de nuclearidade. Esse elemento continuava alimentando tanto sentimentos tecnófilos e de satisfação quanto sentimentos tecnófobos e de medo. Em 1982 uma pesquisa realizada com a população residente nos distritos de Angra dos Reis registrou em Cunhambebe 68 entrevistados com percepção positiva sobre a Central Nuclear, 45 com percepção negativa e oito com percepção neutra. Já em Mambucaba, os números de entrevistados com essas percepções eram, respectivamente, 19, nove e zero. As principais justificativas para a percepção positiva eram a geração de empregos e o progresso do município, ao passo que para a percepção negativa eram o medo de vazamento, explosão, remoção forçada ou simplesmente a visão da usina como uma grande ameaça (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 1982).

Devido à criticalidade iminente do reator, com o respectivo aumento do grau de nuclearidade de Itaorna, em 1980 foi retomada uma ideia já presente no Projeto Mambucaba: criar uma unidade de conservação ao redor da Central Nuclear, para que se pudesse avaliar a influência da operação desta sobre um ambiente relativamente livre de interferência humana direta. Assim, o Governo Federal promulgou o Decreto 84.973/1980, o qual determinava a co-localização entre usinas nucleares e estações ecológicas[30] (BRASIL, 1980). Cabe ressaltar que embora esse Decreto representasse uma alteração imediata nas relações sociais do lugar, sua materialização espacial só viria a ocorrer 10 anos depois, com a promulgação do Decreto 98.864/1990 (BRASIL, 1990a), que criou e delimitou a Estação Ecológica (Esec) de Tamoios, uma unidade de conservação marinha composta por ilhas, ilhotes, lajes e rochedos (Figura 12).

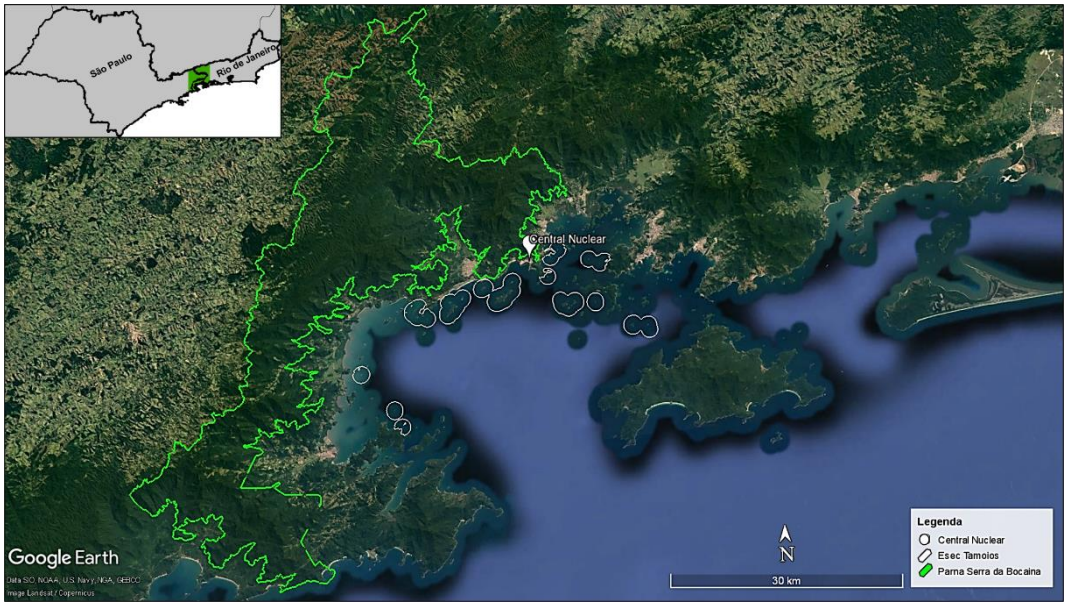
Aqui cabe um breve comentário sobre a relação entre a Central Nuclear e outra unidade de conservação, o Parque Nacional (Parna) da Serra da Bocaina, criado em 1971, menos de um ano após a escolha de Itaorna como local do primeiro reator de potência do Brasil. Até 1977 esse Parque foi segunda maior unidade de proteção integral do bioma Mata Atlântica, com uma área de aproximadamente 100.000 hectares, ficando atrás apenas do Parna Iguaçu (PR), criado em 1939 com 185.260 hectares (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2022). Os limites do Parna Serra da Bocaina a Leste se estendem sobre o Distrito de Cunhambebe, circundando Itaorna e restringindo o uso do solo ao redor da Central Nuclear (Figura 12).

Diferentemente da Esec Tamoios, cuja associação com as usinas nucleares está registrada na legislação federal, não encontramos nenhuma evidência documental associando a criação do Parna Serra da Bocaina ao empreendimento. O Plano de Manejo dessa unidade diz apenas que sua criação foi "de encontro à uma demanda crescente de alguns segmentos da sociedade brasileira envolvidos com a questão ambiental" (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2001, p. A5.140). Já José Augusto Drummond (1997) cita um relatório da Fundação Brasileira para Conservação da

[30] À luz da legislação vigente à época (BRASIL, 1981a), estações ecológicas eram "áreas representativas de ecossistemas brasileiros, destinadas à realização de pesquisas básicas e aplicadas de Ecologia, à proteção do ambiente natural e ao desenvolvimento da educação conservacionista" (Art. 1º), que deveriam ser "implantadas e estruturadas de modo a permitir estudos comparativos com as áreas da mesma região ocupadas e modificadas pelo homem, a fim de obter informações úteis ao planejamento regional e ao uso racional de recursos naturais" (Art. 4º).

Natureza, no qual a origem do Parque está associada a ações do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária para lidar com um projeto fracassado de assentamentos rurais na vertente atlântica da Serra do Mar.

Figura 12 – Limites da Estação Ecológica de Tamoios e do Parque Nacional da Serra da Bocaina, Rio de Janeiro e São Paulo.



Fonte: o autor.

Apesar da ausência de documentos, concordamos com a tese de Rogério Ribeiro Jorge (2005), que considera a criação do Parna Serra da Bocaina como um desdobramento de um processo de modernização que atingiu o Vale do Paraíba e os litorais norte paulista e sul fluminense a partir da década de 1940. Esse autor afirma, também sem citar documentos, que o Parque foi "criado com o objetivo de deter o processo especulativo proporcionado pela construção da rodovia Rio-Santos e servir como cordão de segurança aos perigos oferecidos pela Usina Termonuclear de Angra I" (JORGE, 2005, p. 35-36). Um dos nossos entrevistados, com larga experiência em licenciamento nuclear, deu um depoimento que corrobora essa tese:

> havia uma filosofia na época de implantação dessas centrais, tanto nos EUA[31] quanto na Alemanha, que toda a área ao redor

[31] Conforme dissemos anteriormente, as primeiras normativas brasileiras de licenciamento nuclear eram praticamente idênticas às normativas dos países centrais, especialmente àquelas dos EUA (ver seção 3.1).

> dessa central, e era uma grande área (eu não me lembro mais a extensão), seria um parque ecológico, uma reserva ecológica. Então, isso traria um benefício de preservação do local. Essa filosofia depois acabou, mas na época existia essa filosofia na escolha de local.
>
> Então, na filosofia, não estava errado. Você preservava um local como área de exclusão, que ali não poderia ter nada além dos residentes que trabalhavam na própria usina e depois ia ampliando essa área com limitação de pessoas, com limitação de construção, de tipo de construção (entrevistado nº 10).

Quando conversamos com o entrevistado sobre a criação do Parna Serra da Bocaina ter a ver com a referida "filosofia", a resposta foi "tem tudo!". Em seguida questionamos se ele conhecia alguma evidência documental sobre essa relação e a resposta foi:

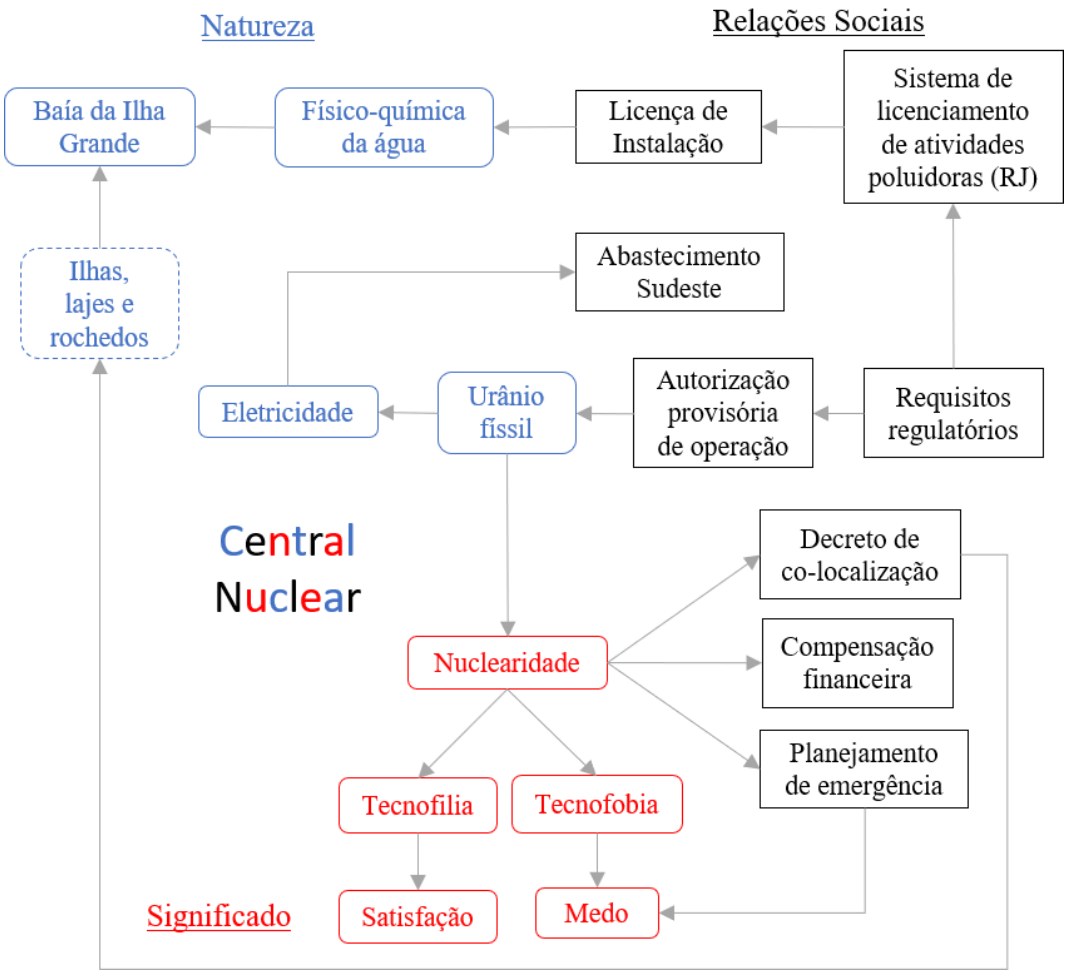
> Eu também não tenho nenhum documento, mas eu me lembro de ser tudo isso instituído em função desta filosofia. Porque você tinha que estar num sítio ecológico preservado, controlado, com população controlada pra você... A usina nuclear seria instalada nessas condições, nessa filosofia. Então, eu não posso te afirmar, porque eu também não tenho documento, que o Parque da Bocaina foi feito em função disso, mas certamente já estava dentro dessa filosofia. Pode não ter sido criado a tempo suficiente, sabe. Com a antecedência suficiente, mas que certamente houve a pressão de criação em função disso, eu acho que sim (entrevistado nº 10).

Outros elementos das relações sociais não relacionados à nuclearidade também viriam a alterar o que é permitido e proibido no lugar da Central Nuclear. Na segunda metade da década de 1970, o Estado do Rio de Janeiro foi pioneiro ao criar uma base legal para o controle da poluição (SÁNCHEZ, 2020). Por meio do Decreto-Lei 134/1975 e do Decreto 1.633/1977, foi instituído no estado o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras, o qual determinava que qualquer resíduo industrial sólido, líquido ou gasoso só poderia ser liberado no ambiente com autorização prévia da Comissão Estadual de Controle Ambiental e da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – Feema (RIO DE JANEIRO, 1975; 1977).

Esse contexto trouxe novos atores ao processo de licenciamento da Central Nuclear e criou para Furnas a necessidade de obter uma licença junto a esses órgãos estaduais, o que ocorreu em 1981. Nessa licença foram estabelecidos limites de adição de cloro na água do sistema de resfriamento de Angra 1, bem como a medição da temperatura nos efluentes e no corpo receptor, visando a garantia da

qualidade da água e a proteção da vida aquática (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE, 1981). A Figura 13 representa o novo arranjo dos principais elementos que mapeamos para o lugar da Central Nuclear logo após o início da operação comercial de Angra 1.

Figura 13 – Estrutura do lugar da Central Nuclear em 1985.



Obs.: a linha pontilhada indica que a materialização espacial da estação ecológica só viria a ocorrer posteriormente (ver texto).

Fonte: o autor.

Em meados da década de 1970, o Governo Federal autorizou a construção de mais duas usinas dentro da Central Nuclear (MRS ESTUDOS AMBIENTAIS, 2005). Angra 2 teve as obras iniciadas em 1976, porém erros de projeto relativos ao estaqueamento das fundações levaram a um atraso significativo no cronograma.

A partir de 1983, a crise econômica e o baixo crescimento da demanda por energia elétrica no país reduziram o ritmo das obras, que foram totalmente paralisadas em 1986 (MRS ESTUDOS AMBIENTAIS, 2005). A construção foi retomada em 1994, seis anos depois a Cnen emitiu a Autorização para Operação Inicial e o reator de 1.350MW atingiu sua primeira criticalidade (ELETRONUCLEAR, sem data). Angra 2 entrou em operação comercial em 2001 e, ao contrário de Angra 1, sempre apresentou alto desempenho na geração elétrica (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2021).

Embora a presença de Angra 2 representasse um aumento na quantidade total de material radioativo armazenado em Itaorna[32], consideramos que na prática não houve uma mudança significativa no espectro técnico da nuclearidade, isto é, não houve aumento no grau de nuclearidade do lugar da Central Nuclear após o início da operação da segunda usina. O impacto mais significativo de Angra 2 em relação à nuclearidade foi estendê-la no tempo: em 1994 a Cnen emitiu a Autorização para Operação Permanente (AOP) de Angra 1, com validade de 30 anos (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1994). Portanto, se houvesse apenas a primeira usina, o alto grau de nuclearidade oriundo do processo de geração nuclear estender-se-ia, a princípio, até 2024[33]. Contudo, em 2011 foi emitida a AOP de Angra 2, também válida por 30 anos (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2011), o que garantirá o alto grau de nuclearidade de Itaorna até 2041, pelo menos.

A mudança mais significativa da implantação de Angra 2 se deu no espectro político da nuclearidade. O licenciamento da instalação de Angra 1 foi feito basicamente pela Cnen, com uma participação secundária da Feema nas questões relativas ao lançamento de efluentes líquidos e à qualidade da água no corpo

[32] As cargas completas de combustível de Angra 1 e Angra 2 compreendem 49,5t e 103t de urânio, respectivamente (ELETRONUCLEAR, sem data). Já as piscinas de combustível usado têm capacidade para armazenar, respectivamente, 10,3 e 5,6 vezes a quantidade de elementos combustíveis presentes numa carga completa de cada usina (BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2018).

[33] Após uma extensa avaliação de critérios de segurança, usinas nucleares podem ter sua vida útil estendida para além do tempo previsto no projeto original, processo denominado de operação em longo prazo. Até o fim de 2020, mais de 100 reatores ao redor do mundo já operavam nessas condições (OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, 2021). A Eletronuclear solicitou à Cnen a extensão da vida útil de Angra 1 por mais 20 anos e já iniciou estudos visando a extensão da vida útil de Angra 2 no futuro (ELETRONUCLEAR, 2019). Caso a solicitação seja aprovada, Angra 1 terá autorização para operar até 2064.

receptor. Por outro lado, durante o longo processo de instalação de Angra 2 ocorreram alterações na legislação ambiental federal (*e.g*. BRASIL, 1981b; 1989; CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1986; 1997), fazendo com que houvesse dois processos de licenciamento em paralelo para essa usina: um nuclear, de responsabilidade da Cnen, e outro ambiental, de responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Nesse novo formato de licenciamento, a Eletronuclear[34], sucessora de Furnas no controle da Central Nuclear, teve que apresentar ao Ibama um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), com seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), e realizar duas audiências públicas para obter uma licença ambiental para Angra 2 (MRS ESTUDOS AMBIENTAIS, 2005).

Conforme pontuam José Leite Lopes e colaboradores (2004), embora houvesse uma assimetria de poder entre os atores envolvidos nas audiências públicas de Angra 2 (agentes do Estado de diferentes esferas, incluindo a própria Eletronuclear, e representantes da sociedade civil), esses eventos constituíram um fórum no qual o poder municipal e as comunidades locais puderam contestar o EIA-RIMA, fazer reivindicações ao empreendedor e cobrar medidas mitigatórias para os impactos da nova usina. Trata-se de um cenário sociopolítico bem distinto daquele existente à época da implantação de Angra 1, quando as decisões autoritárias do regime militar eram incontestáveis. Leite Lopes e colaboradores (2004) também destacam que os dois temas catalisadores da discussão da primeira audiência pública foram o Plano de Emergência e a Rodovia BR-101, cujas condições de conservação comprometiam seu papel como via de evacuação em caso de emergência. Esses temas exemplificam a importância da nuclearidade na construção do lugar da Central Nuclear e corroboram a mudança no espectro político desse elemento com à implantação de Angra 2.

Angra 3 foi um projeto iniciado em 1984, porém interrompido dois anos depois, antes que as obras começassem de fato (GUIMARÃES, 2011). Somente no início da década de 2000 esse projeto foi retomado, com a continuidade do processo

[34] Em 1997 o controle da Central Nuclear de Angra dos Reis passou para a Eletronuclear, empresa criada a partir da fusão do Departamento de Engenharia Nuclear de Furnas com a Nuclebrás Engenharia – Nuclen, uma estatal relacionada ao Programa Nuclear Brasileiro. Essa transferência foi necessária pois constitucionalmente a geração termonuclear era monopólio da União e o Governo Federal estava incluindo Furnas e as demais empresas do sistema Eletrobras no Programa Nacional de Desestatização com a intenção de privatizá-las (ANDRADE, 2006).

de licenciamento nuclear e ambiental, seguindo o mesmo modelo aplicado à Angra 2. Em 2010 as obras da terceira usina finalmente foram iniciadas, mas cinco anos depois foram paralisadas devido a denúncias de corrupção e questões financeiras (KASSENOVA; FLORENTINO; SPEKTOR, 2020). Em fevereiro de 2022 foi assinado um novo contrato para viabilizar a retomada das obras e, naquele momento, a previsão para o início da operação de Angra 3 estava entre o fim de 2027 e o início de 2028 (BARROS, 2022).

Gláucia Silva (2009) observou que os momentos de expansão da Central Nuclear com a implantação de novos empreendimentos criaram um contexto ideal para negociações entre a Prefeitura de Angra do Reis, a população do município e a Eletronuclear, no qual as duas primeiras pressionaram a última buscando compensar e mitigar os impactos das atividades da empresa. Isso se reflete, por exemplo, nos impactos ambientais identificados no EIA para a fase de instalação Angra 3. Nesse estudo foram listados 15 impactos sobre o meio socioeconômico, sendo que em oito deles o apoio a órgãos municipais ou convênios com prefeituras estão entre as medidas mitigadoras e/ou compensatórias (MRS ESTUDOS AMBIENTAIS, 2005). Assim, mesmo inconclusa, Angra 3 altera o espectro político da nuclearidade de Itaorna e as relações sociais locais. Além disso, se essa usina entrar em operação de fato, a nuclearidade do lugar será estendida no tempo, de forma idêntica ao ocorrido com Angra 2. Considerando a vida útil de 40 anos prevista para cada uma das demais unidades da Central Nuclear, caso Angra 3 entre em operação em 2027 o alto grau de nuclearidade de Itaorna irá permanecer até 2067, no mínimo.

Apesar das alterações na nuclearidade decorrentes de Angra 3, a dualidade presente nos demais elementos do domínio do significado (tecnofilia/tecnofobia, satisfação/medo) se manteve similar às décadas anteriores. Em 2010 uma pesquisa realizada com 200 habitantes de Angra dos Reis identificou que 56,6% dos entrevistados consideravam a operação das usinas segura, enquanto 43,4% consideravam-na insegura (MARKETING ASSESSORADO, 2010). Quando questionados sobre a guarda de resíduos na Central Nuclear, 50,6% dos entrevistados consideravam-na segura, enquanto 49,4% consideravam-na insegura. Já o plano de emergência foi considerado eficiente por 58,6% e ineficiente por

41,4% dos entrevistados[35]. Embora a maioria dos entrevistados acreditasse que a operação das usinas poderia causar uma explosão (77,3%) e provocar doenças nas populações vizinhas (69,4%), ela também acreditava que a empresa proprietária das usinas atuava fortemente na proteção do meio ambiente (58,6%) e cuidava das populações vizinhas (58,6%).

Outra pesquisa, realizada em 2019, mostra que essa dualidade continua presente entre os habitantes de Angra dos Reis. De 387 entrevistados, 26% avaliaram o uso de usinas nucleares no Brasil como negativo, 42% avaliaram-no como neutro e 32% como positivo (OPINIÃO INFORMAÇÃO ESTRATÉGICA, 2019). Os principais benefícios percebidos por esse grupo com relação à instalação de uma usina nuclear foram: melhorias para o fornecimento de energia (23%), geração de empregos (21%) e preço mais baixo da energia (11%). Já os principais riscos percebidos foram: explosões (26%), radicação/contaminação (35%) e problemas de saúde (13%). Quando questionadas sobre os mecanismos de segurança das usinas nucleares, 36% das pessoas afirmaram se sentir seguras, 11% foram indiferentes, 44% se disseram inseguras e 9% não souberam avaliar. Com relação ao destino e a guarda dos resíduos por usinas, 22% das pessoas afirmaram se sentir seguras, 13% foram indiferentes, 47% se disseram inseguras e 18% não souberam avaliar. Sobre a eficiência do plano de emergência da Central Nuclear de Angra dos Reis, em um universo de 327 munícipes, 28% consideraram o plano eficiente, 23% foram indiferentes, 40% consideraram-no ineficiente e 8% não souberam avaliar. Esses resultados não se alteram significativamente quando são analisados apenas os moradores de bairros próximos à Itaorna nos distritos de Cunhambebe e Mambucaba. De 54 entrevistados, 23% consideram o plano eficiente, 31% são indiferentes a ele, 31% consideram-no ineficiente e 15% não souberam avaliar[36].

[35] A categoria que denominamos “segura” corresponde ao somatório das categorias “muito segura” e “segura” presentes na pesquisa. De modo análogo, “inseguro” corresponde ao somatório de “pouco seguro” e “totalmente inseguro”. Já a categoria “eficiente” corresponde à soma das categorias “muito eficiente” e “eficiente”, assim como “ineficiente” é o somatório de “pouco eficiente” e “nada eficiente”.

[36] Assim como no caso anterior, “seguro” corresponde à soma das categorias “totalmente seguro” e “seguro” presentes na pesquisa, da mesma forma que “inseguro” corresponde ao somatório das categorias “totalmente inseguro” e “inseguro”. Também agrupamos as categorias “muito eficiente” e “eficiente” e as categorias “muito ineficiente” e “ineficiente”.

A geração de empregos na Central Nuclear, percebida pela população de Angra dos Reis como um dos principais benefícios das usinas, compreende postos de trabalho temporários e permanentes. Os primeiros geralmente estão associados à fase de implantação dos empreendimentos e os últimos à operação. Contudo, em usinas nucleares há também trabalho temporário sazonal, o qual está associado às paradas programadas para reabastecimento de combustível. Nessas ocasiões aproveita-se o desligamento do reator para realizar uma série de serviços de manutenção que não podem ser executados com o reator em funcionamento. Como esses serviços normalmente exigem algum grau de especialização e experiência, é comum que um determinado grupo de trabalhadores seja recorrentemente contratado para as paradas. Além disso, os intervalos regulares de ocorrência das paradas facilitam o planejamento dos trabalhadores para participar desses eventos.

No caso da Central Nuclear, os problemas técnicos e legais enfrentados por Angra 1 no início de sua operação comprometeram a regularidade e a duração das paradas realizadas durante esse período (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 1990). Entretanto, a solução desses problemas ao longo da década de 1990 e o início da operação de Angra 2 na década de 2000 trouxeram regularidade e aumentaram a frequência de realização das paradas, aumentando a relevância desses empregos sazonais para a economia local. Atualmente as paradas são realizadas aproximadamente a cada 13 meses, são programadas com pelo menos um ano de antecedência, e envolvem a contratação de cerca de 1.300 trabalhadores, sendo 200 estrangeiros (ELETRONUCLEAR, 2018).

Contudo, dois de nossos entrevistados apontaram um aspecto negativo associado à geração de empregos, que pode ser atribuído, em parte, à descontinuidade na implantação e às interrupções nas obras que marcam a história das usinas nucleares brasileiras. Nesse contexto, nosso entrevistado especialista em licenciamento nuclear vê

> a implantação da Central, como a geração de um caos social em Angra e se estendendo até Paraty também, por causa dessa coisa: primeiro porque não houve uma continuidade como previsto, que era a implantação de três centrais [usinas] imediatamente uma após a outra. Então, foi deslocado um grande número de pessoas para essa área, que era de baixíssima população, sem uma preparação da área prévia pra que isso fosse feito. Essas pessoas depois se fixaram lá e ficaram lá sem ter emprego. Sem emprego.

> Então o impacto social disso foi muito grande, né (entrevistado nº 10).

De forma complementar, nosso entrevistado especialista em educação do campo dá a seguinte resposta ao ser perguntado sobre a influência da Central Nuclear no desenvolvimento de Angra dos Reis:

> Cresceu, né, Angra. Cresceu em nível de população, com isso propiciou economia interna, comércio local. Injetou dinheiro dentro das comunidades. Ao mesmo tempo que também na época do fim das obras teve explosão de criminalidade: no fim de Angra 1 teve explosão de criminalidade, no fim de Angra 2 teve explosão de criminalidade. Gente que se estabeleceu e não tinha no que trabalhar. Mas, ao mesmo tempo, quando fazia a obra, uma injeção de recursos na economia interna (entrevistado nº 17).

O crescimento descontrolado resultante da implantação das usinas resume-se na fala de um terceiro entrevistado, especialista em planejamento urbano:

> os estudos de impacto que foram feitos [para Angra 2] falavam que não ia ter impacto de novos moradores, porque aquela fase (e essa fase agora também de Angra 3) era uma fase de montagem, mais especializada, profissionais mais especializados, e as empresas vêm em número menor, e as empresas vêm e alugam apartamento, alugam alojamento, então não tem impacto na cidade. Só que seguinte, quando começa uma obra o prefeito fala "retomou Angra 2", vem gente de todo o lado para fazer qualquer coisa, entendeu? O cara fala assim "lá tem dinheiro, lá tem emprego, eu vou pra lá". Ele pode não ter especialização nenhuma, não ter formação nenhuma ligada com aquele empreendimento ou não ter nenhuma formação, mas vem. Então a cidade sente cada empreendimento desse, e a central nas suas três fases, que Angra 3 já teve agora um pico, a cidade enche, ela se altera. Principalmente o entorno imediato dele (entrevistado nº 12).

Além das três usinas, outro empreendimento da Central Nuclear se destaca na perspectiva da nuclearidade do lugar: a Unidade de Armazenamento Complementar a Seco de Combustível Irradiado (UAS). Construída entre 2019 e 2021, ela é formada por uma laje de concreto reforçado sobre a qual são dispostos módulos compostos por cilindros de concreto contendo cascos metálicos onde está o combustível nuclear previamente armazenado nas piscinas de Angra 1 e Angra 2 (BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2018). Esses módulos são projetados para durar 40 anos, mas o fabricante dessa tecnologia estima que na prática sua vida útil possa chegar a 100 anos (HOLTEC INTERNATIONAL, 2016). Essa diferença de tempo possibilita que no futuro sejam realizados estudos de

viabilidade sobre a extensão da vida útil dos módulos da UAS, assim como está sendo feito para as usinas da Central Nuclear.

Porém, é importante ressaltar que o armazenamento de combustível irradiado na UAS é considerado uma solução interina de curto prazo. Como esse material ainda é altamente energético, sua destinação final deveria ser o reprocessamento seguido de reciclagem ou o armazenamento final com possibilidade de recuperação (BRASIL, 2018; BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2018). Entretanto, a tecnologia de reprocessamento permanece pouco difundida em nível global: atualmente apenas França, Índia e Rússia possuem plantas de reprocessamento com capacidade de operar em larga escala (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2022); somente 30% de todo combustível irradiado já produzido no mundo foram reprocessados, enquanto os 70% restantes permanecem nas piscinas das usinas ou em unidades análogas à UAS (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2020). O Brasil aposta no desenvolvimento e na difusão de novas tecnologias de reprocessamento e aproveitamento de combustível irradiado. Enquanto estas não estiverem disponíveis, o país pretende armazenar esse material nos sítios de suas usinas nucleares (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020).

Se a atual política brasileira de gestão do combustível irradiado for mantida, a presença da UAS poderá conferir à Itaorna um alto grau de nuclearidade, mesmo após o descomissionamento das usinas da Central Nuclear. No cenário hipotético em que Angra 3 operasse até 2067, Angra 1 e Angra 2 já estivessem permanentemente desligadas, e ainda não houvesse tecnologia de reprocessamento disponível no Brasil, parte do combustível irradiado da terceira usina permaneceria na piscina do prédio do reator até 2077, quando finalmente seria transferida para a UAS. Tomando por base a vida útil de 40 anos para esses últimos módulos com combustível de Angra 3, teríamos combustível irradiado em Itaorna até 2107, pelo menos. Nesse cenário hipotético, com a UAS sendo o único empreendimento operacional na Central Nuclear, haveria alteração não apenas da extensão temporal, mas também do espectro técnico da nuclearidade, na medida em que não haveria mais o processo autossustentado de fissão nuclear nos reatores, restando apenas o decaimento radioativo do combustível irradiado dentro dos módulos blindados.

Essa alteração demandaria, por exemplo, ajustes no plano de emergência e nos programas de monitoramento ambiental da Central Nuclear.

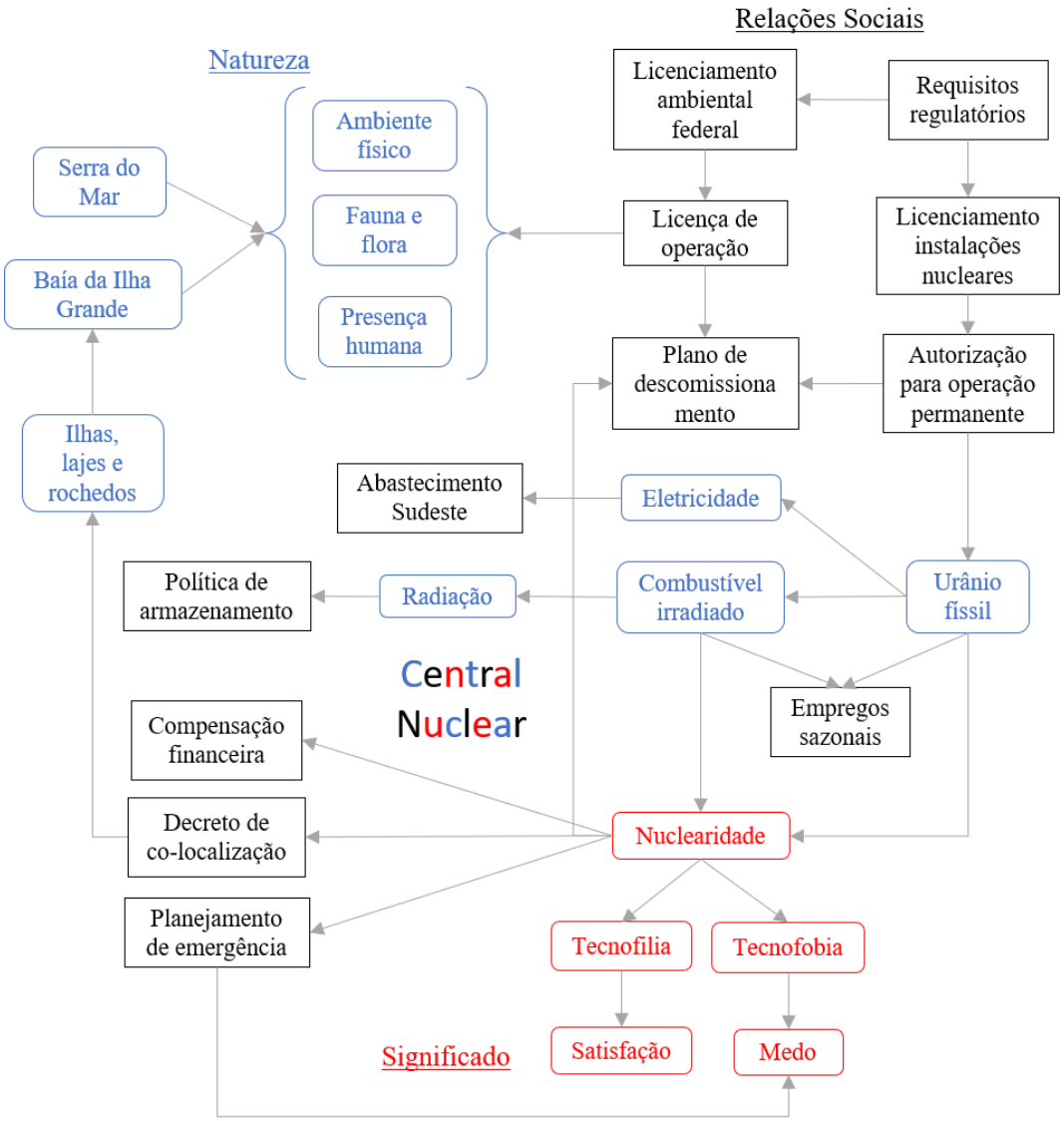
Independentemente da concretização do cenário hipotético supracitado, em mais um caso de alteração do espectro político da nuclearidade, o processo de licenciamento para a implantação da UAS permitiu novas possibilidades de negociação entre o poder público de diferentes esferas, algumas comunidades dos municípios afetados pela Central Nuclear, e a Eletronuclear, de forma semelhante ao que já havia sido observado por Gláucia Silva (2009) durante a implantação de Angra 2 e Angra 3. Os resultados dessas negociações se refletem na licença ambiental concedida pelo Ibama para a operação da UAS, a qual determina, entre outras obrigações, que a Eletronuclear instale e mantenha funcionando o acesso à internet em algumas aldeias indígenas e quilombos localizados nos municípios de Angra dos Reis, Paraty e Rio Claro (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2021). A Figura 14 representa o novo arranjo dos principais elementos que mapeamos para o lugar da Central Nuclear logo após o início da operação da UAS.

De acordo com Sack (1997), os lugares possuem uma superfície, uma aparência, a qual denominamos de paisagem. Ela reflete não apenas as relações espaciais e regras sociais que a constituem, mas também os significados que lhe são atribuídos. A partir do escrutínio e questionamento desses significados, pode-se constatar se uma paisagem "visível" é real ou apenas uma falsa aparência que oculta outra paisagem. Nesse caso, a paisagem revelada pode substituir a anterior, em um processo que pode ser repetir inúmeras vezes, sempre mobilizando os elementos dos domínios da natureza e das relações sociais, criando o fluxo que constitui o lugar.

Como observado neste capítulo, não houve mudança significativa nos elementos do significado da Central Nuclear ao longo dos últimos 50 anos, embora nesse período tenha havido um aumento da transparência naquele lugar. Exemplo disso é o contraste existente entre a implantação de Angra 1, feita de forma autocrática pelo regime militar, e a implantação das outras duas usinas e da UAS, feitas por regimes democráticos e com algum nível de participação popular, ainda que Gláucia Silva (2009) e José Leite Lopes e colaboradores (2004) apontem as

limitações das audiências públicas em termos de participação efetiva no processo decisório. Porém, se os elementos do domínio do significado da Central Nuclear apresentaram estabilidade durante o intervalo de tempo analisado, ocorreram mudanças significativas nos domínios da natureza e das relações sociais que contribuíram para mudanças na paisagem. No capítulo seguinte iremos analisar essas mudanças, complementando a base teórica empregada até aqui com o conceito de paisagens energéticas.

Figura 14 – Estrutura do lugar da Central Nuclear em 2021.



Fonte: o autor.

4 Formação e transformação da paisagem energética da Central Nuclear

4.1 Aspectos gerais das transformações socioespaciais em Angra dos Reis e Paraty na segunda metade do século XX

No segundo capítulo deste trabalho (seção 2.1), mencionamos o período de isolamento e estagnação atravessado por Angra dos Reis e Paraty, entre o fim do século XIX e a primeira metade do século XX, e a consequente recuperação da Mata Atlântica na região. Agora, iremos apresentar um panorama um pouco mais detalhado desses municípios na década de 1960 e as subsequentes transformações socioespaciais ocorridas até as primeiras décadas do século XXI, que nos ajudarão a compreender a formação e a transformação da paisagem energética de Central Nuclear.

Dados demográficos de 1960 revelam que naquele ano Angra possuía 28.773 habitantes, sendo 13.380 residentes em áreas urbanas e 15.393 residentes em áreas rurais. Já Paraty era um município menos populoso, com 12.085 habitantes, porém com mais pessoas residindo em áreas urbanas (6.278 habitantes) do que em áreas rurais (5.807 habitantes). Em ambos os casos, a população estava concentrada no distrito sede, havendo 12.609 e 7.325 habitantes em Angra dos Reis e Paraty, respectivamente. Se comparada ao estado do Rio de Janeiro, onde havia 79,29 hab./km², a densidade demográfica desses municípios era baixa: havia 35,13 hab./km² em Angra e 13,17 hab./km² em Paraty (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTATÍSTICA, 1961; CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 1962). Contudo, cabe uma observação sobre a densidade demográfica desses municípios: a conjugação do relevo acidentado das escarpas da Serra do Mar com a proximidade da linha de costa restringe a ocupação do solo a uma área consideravelmente menor que a área territorial municipal. Esse contexto nos leva a inferir que os proporcionalmente poucos locais viáveis para o estabelecimento e desenvolvimento de núcleos populacionais deveriam possuir densidades demográficas bastante superiores àquelas calculadas para os municípios como um todo.

Dados do Censo Agrícola de 1960 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1966a) indicam que os estabelecimentos rurais

ocupavam aproximadamente 48% da área territorial[37], tanto em Angra dos Reis quanto em Paraty. Em ambos municípios o uso do solo mais frequente eram as matas naturais[38], que correspondiam a cerca de 51% da área dos estabelecimentos angrenses e 48% dos paratienses. O segundo uso mais frequente diferia entre os municípios: em Angra predominavam as pastagens, representando aproximadamente 19% da área, enquanto em Paraty predominavam as lavouras, representando cerca de 23%. É interessante notar que a definição de estabelecimento utilizada no Censo considerava apenas propriedades voltadas para a exploração agropecuária, excluindo os quintais de residências e as hortas domésticas, o que subestima a produção de subsistência.

Com relação à estrutura fundiária, o Censo Agrícola de 1960 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1966a) indica que cerca de 62% dos estabelecimentos rurais de Angra eram menores que 1 hectare, porém estes correspondiam a apenas 0,16% da área total dos estabelecimentos. Por outro lado, somente 2,5% dos estabelecimentos eram maiores que 1.000 hectares, mas correspondiam a 82% da área total. Apesar de uma concentração ligeiramente menor, a estrutura fundiária de Paraty era similar: 62% dos estabelecimentos estavam entre 1 e 10 hectares, porém correspondiam a somente 10,6% da área total, enquanto 0,34% dos estabelecimentos eram maiores que 1.000 hectares, mas correspondiam a 46% da área total.

Em 1960 a banana era o principal cultivo comercial tanto em Angra como em Paraty (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1969a). No primeiro município os pomares dessa fruta ocupavam 2.253ha, enquanto outros cultivos de destaque (café, laranja, arroz, cana-de-açúcar, feijão mandioca e milho) somados ocupavam apenas 183ha. Já no segundo município, a banana ocupava 5.867ha, enquanto outros cultivos de destaque (os mesmos de Angra) ocupavam 2.883ha. O acervo dos trabalhos geográficos de campo do IBGE possui uma série de fotografias de Antônio Teixeira Guerra e Tibor Jablonsky,

[37] As áreas territoriais calculadas para Angra dos Reis e Paraty em 1960 eram de 81.900ha e 91.700ha, respectivamente (CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 1962).

[38] No Censo Agrícola de 1960 foram consideradas nessa categoria "as áreas dos estabelecimentos ocupadas por matas e florestas naturais utilizadas para extração de madeira ou outros produtos, ou conservadas como reservas florestais" (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1966a, p. XVI).

tiradas em 1958, que retratam o relevo acidentado da Serra do Mar em Angra dos Reis e a presença constante das bananeiras nessas paisagens (Figuras 15 e 16).

Figura 15 – Aspecto da Serra do Mar no município de Angra dos Reis (RJ) em 1958. Destaque para as bananeiras em primeiro plano.

Fonte: Guerra e Jablonsky (1958a,b).

Figura 16 – Cultivo de banana na encosta da Serra do Mar, município de Angra dos Reis (RJ), em 1958.

Fonte: Guerra e Jablonsky (1958c).

O Censo Agrícola de 1960 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1969a) revela que a criação de animais era uma atividade pouco expressiva em Angra dos Reis e Paraty. Exceto pelos suínos, galinhas e patos paratienses, que correspondiam a aproximadamente 3%, 1% e 1% do plantel fluminense, respectivamente, os demais grupos (bovinos, caprinos, equinos, ovinos gansos e perus), tanto em Angra quanto em Paraty, correspondiam a menos de 0,5% dos plantéis estaduais. Analisando especificamente os bovinos, grupo de maior relevância em termos de uso do solo, constata-se que a densidade demográfica do gado nas pastagens[39] de ambos os municípios era muito baixa se comparada à densidade estadual: em Angra e Paraty havia respectivamente 13,94 ind./km² e 23,75 ind./km², enquanto no estado a densidade era de 74,18 ind./km². Apesar da menor densidade, é interessante notar que Angra possuía mais cabeças de gado (1.043 contra 688) e área de pastagem (7.481ha contra 2.897ha) do que Paraty.

No caso de Angra, destaca-se ainda como atividade econômica principal a pesca, sendo a sardinha o principal recurso explorado (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1969b). Iniciada no princípio do século XX,

[39] Calculada por meio da razão entre o número de cabeças de gado e as áreas dos estabelecimentos rurais destinadas a pastagens, sejam elas naturais ou artificiais.

em escala artesanal, na década de 1940 já havia fábricas de sardinha na Ilha Grande e a partir da década de 1960 essa pesca adquiriu proporções industriais (ANGRA DOS REIS, sem data). De acordo com Carlos Enrique Guanziroli (1983) a indústria da pesca e do processamento de peixe em conserva foram as únicas cujas origens estavam associadas ao desenvolvimento endógeno de Angra dos Reis: desde o período colonial a dinâmica produtiva e comercial do pescado sempre esteve ligada ao comércio portuário e ao setor urbano da região. Já as demais indústrias que se instalaram no município na segunda metade do século XX (construção naval, nuclear e petróleo) são resultado de um processo de desenvolvimento exógeno, tendo sua demanda e sua oferta orientadas, respectivamente, a partir de e para outras regiões.

Assim como a pesca e o processamento de peixe apareciam ao lado da agricultura como principal atividade econômica em Angra, em Paraty esse posto era ocupado pela indústria de produtos alimentares. Dados do Censo Industrial de 1960 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1966c) revelam que havia 22 estabelecimentos industriais em funcionamento no município naquele ano, sendo um deles voltado para o processamento de madeira e todos os demais voltados para o processamento de alimentos. Destacavam-se os engenhos de aguardente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1967). Embora essa informação não conste no Censo Industrial, devido ao isolamento de Paraty na primeira metade do século XX, podemos inferir que esses estabelecimentos industriais deveriam ser abastecidos pela produção agropecuária local.

O ano de 1959 marcou o início de uma profunda mudança no papel da indústria em Angra dos Reis. Nesse ano a Verolme Estaleiros Reunidos do Brasil S.A., subsidiária de uma empresa dos Países Baixos, instalou-se na enseada de Jacuecanga, localizada próxima à sede municipal[40]. Ao longo de 10 anos a Verolme construiu a planta, as carreiras, um centro de capacitação, vilas e alojamentos para seus trabalhadores (GUANZIROLI, 1983). A instalação do estaleiro contribuiu para

[40] Situada a leste da cidade de Angra dos Reis, a uma distância linear de aproximadamente 7km, a enseada de Jacuecanga dava nome a um dos distritos do município na época da instalação da Verolme (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1951). Na divisão distrital do início da década de 1990, Jacuecanga e Angra dos Reis foram agrupados em um único distrito, que manteve o nome da sede municipal (ANGRA DOS REIS, 1993).

desalojar uma parte do cultivo de bananas do município (MAGRINI *et al*., 1988). Além das transformações espaciais, o empreendimento criou cerca de 4.000 empregos para a população local. O primeiro contrato para construção de embarcações foi assinado em 1969 e já na década seguinte a Verolme se tornou um dos principais estaleiros do Brasil. Em 1970, graças à empresa, a atividade industrial respondia por 84% do valor da produção de Angra dos Reis, sendo os 16% restantes atribuídos à agropecuária e à pesca. A título de comparação, em 1956 a indústria, basicamente alimentícia, respondia por apenas 34,8% do valor da produção municipal, enquanto a agropecuária e a pesca respondiam pelos 75,2% restantes (GUANZIROLI, 1983).

A industrialização em Angra dos Reis se consolidou na década de 1970 com a instalação de outros dois empreendimentos: a Central Nuclear, que analisaremos em detalhe mais à frente, e o Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig). Esse último, pertencente à Petrobrás, foi considerado o maior terminal petrolífero da América Latina na época de sua instalação e tinha por objetivo abastecer as refinarias de Duque de Caxias (RJ) e Gabriel Passos – MG (ANGRA, 1977). O Tebig foi construído no então distrito de Jacuecanga, em dois terrenos não contíguos, sendo sua área principal bem próxima à Verolme. As obras começaram em 1974 e inauguração ocorreu três anos depois. Para instalação do Tebig foram retificados os cursos de três rios e foram movimentadas cerca de 7.000.000m³ de terra no fazimento de aterros e na dragagem de canais para o trânsito de navios (GUANZIROLI, 1983).

Além da transformação da paisagem resultante diretamente da instalação do Tebig, a movimentação de grandes volumes de petróleo e óleo expôs aquela parte da Baía da Ilha Grande ao risco de acidentes. Com base em registros da imprensa, Cássio Veloso de Abreu (2005) contou pelo menos sete vazamentos de hidrocarbonetos significativos entre 1977 e 2005. Ao contrário da Verolme, que gerou milhares de empregos para a população local, a contratação de mão de obra para o Tebig não foi significativa (GUANZIROLI, 1983). Por outro lado, a partir de 1990 o empreendimento passou a ocupar uma posição fundamental na arrecadação tributária da Angra dos Reis, criando uma relação de dependência do município para consigo (ABREU, 2005).

Outro marco da transformação socioespacial de Angra dos Reis foi a construção do trecho Rio-Santos da Rodovia BR-101. Entre os anos de 1972 e 1974 foram construídos 257km de estrada entre os municípios do Rio de Janeiro (RJ) e Ubatuba (SP), os quais continham dezenas de obras de arte, como pontes e túneis, para vencer o relevo acidentado da região (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1972). De acordo com Guanziroli esse evento é tão significativo que

> O processo de produção do novo espaço regional de Angra dos Reis teve como eixo condutor a construção da estrada Rio-Santos. Podemos afirmar que a vida econômica, a configuração espacial e suas articulações sociais foram remodeladas com a construção desta estrada. Antes de sua construção, os circuitos econômicos possuíam uma certa lógica; depois de sua construção, novos circuitos econômicos emergiram, dotados de uma lógica diferente. Inaugurou-se a fase turística do município ou, em outras palavras, foi produzida a região turística (GUANZIROLI, 1983, p. 1).

Apesar da ênfase dada ao setor turístico, o autor reconhece que a estrada também veio para atender aos interesses do setor industrial recém-instalado no município.

As falas de nossos entrevistados corroboram a perspectiva de Guanziroli: dentre as 17 pessoas ouvidas, seis apontaram a estrada como principal vetor da transformação socioespacial em Angra dos Reis; seis entrevistados apontaram-na como um dos principais vetores ao lado da indústria (estaleiro, central nuclear e terminal petrolífero); e outros quatro citaram a rodovia, porém, sem destacar sua importância na transformação socioespacial[41]. Um especialista em gestão territorial destacou a "estrutura geográfica de ilhas" dos bairros de Angra, que estão separados entre si por dezenas de quilômetros. Para ele, um dos impactos da construção do trecho Rio-Santos foi conectar essas "ilhas", permitindo a criação e o crescimento de bairros, além de influenciar as relações sociais no município devido aos fluxos de pessoas e mercadorias.

Consideramos contraditória a decisão tomada pelo regime militar de tornar Angra dos Reis, de forma quase simultânea, um polo industrial e uma região turística. Como vimos no terceiro capitulo (seção 3.1), a questão demográfica é um

[41] O trecho Rio-Santos da BR-101 só não foi citado em uma entrevista, que teve como tema principal a mineração de urânio em Caetité (BA).

ponto relevante na escolha de local para reatores desde os primórdios da indústria nuclear. Portanto, instalar uma usina em Itaorna e, ao mesmo tempo, estimular o turismo em seus arredores vai contra o preceito de zona de baixa população, presente na Resolução Cnen 09/69, na medida em que cria fluxos de pessoas sazonais e variáveis, os quais podem dificultar eventuais ações de evacuação e abrigamento em caso de acidente. Já no caso da indústria do petróleo, vazamentos de hidrocarbonetos podem comprometer a balneabilidade e a beleza cênica da zona costeira, importantes atrativos turísticos de Angra dos Reis.

Outro aspecto dessa contradição está presente na fala de dois dos nossos entrevistados. Ao dissertarem sobre o desenvolvimento de Angra dos Reis, ambos apontaram a indústria como um entrave ao turismo no município. Um especialista em planejamento urbano nos disse:

> Eu acho que o algoz do turismo, que talvez impeça o turismo de crescer aqui, é exatamente ter esses empreendimentos, porque os moradores daqui não encaram o turismo como uma atividade econômica que você pode viver dela. Então a pessoa vai trabalhar num hotel (principalmente aqui no continente, a Ilha Grande já está um pouco mais avançada), eles acham que é um bico no momento em que você está entre um emprego e outro ou está estudando ou perdeu o emprego e está esperando outro. Então o que as pessoas querem é um emprego na Eletronuclear, na Petrobras, no estaleiro. Principalmente no estaleiro e na Eletronuclear. No porto, o porto agora também está meio em baixa, mas... Essas economias trouxeram para cá uma visão nesse sentido, de emprego na indústria. Aquela coisa que toda mãe sonha: "meu filho entrou lá, vai aposentar, vai ter uma vida boa, vai ter um bom salário, benefícios, aposentadoria boa também". Então não [é] que o empreendimento atrapalhe, mas é uma contradição (entrevistado nº 12).

Já um especialista em educação do campo destacou:

> a economia ficou vinculada a um mega empreendimento e não por elementos de potência inata de Angra, potência natural de Angra. Por exemplo: turismo de base comunitária, turismo ecológico, turismo de aventura, turismo histórico. Eu estou usando o turismo como exemplo, mas a gente tem a pesca, por exemplo, agricultura. Esses elementos que são referentes à natureza de Angra e à história de Angra. Um desenvolvimento econômico nessa linha daria à população uma independência maior a nível econômico. Eles se tornaram muito reféns de Brasfels[42], Eletronuclear, e o que você vê é que uma crise, como

[42] No ano 2000 o grupo Keppel Offshore & Marine de Cingapura se estabeleceu no Brasil, por meio da sua subsidiária Keppel FELS Brasil, e adquiriu o estaleiro Verolme, que passou a se chamar Brasfels (KEPPEL OFFSHORE & MARINE, 2021).

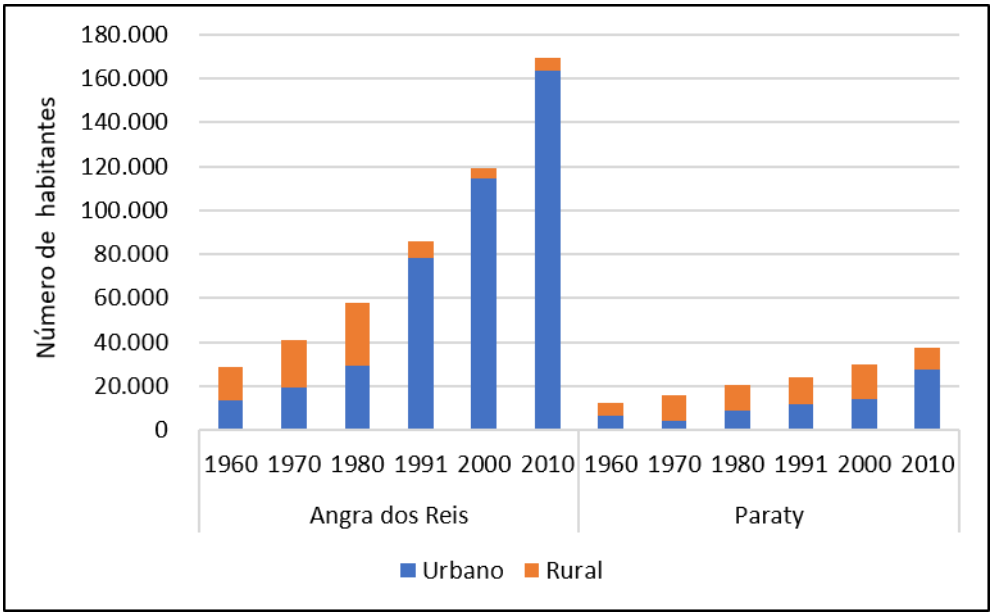
> teve a crise política de 2013 a 2015: questão de mensalão etc. e tal, que foi preso não sei quem da Eletronuclear e não sei o quê, e teve demissões em massa. Então, assim, toda uma comunidade refém de elementos incontroláveis por nós. Que é macropolítica, é um desenvolvimento econômico refém desses elementos (entrevistado nº 17).

Diferentemente de Angra dos Reis, Paraty ficou "desligada do processo modernizante de incorporação (...) ao sistema urbano-industrial do eixo Rio-São Paulo" (MAGRINI *et al.*, 1988, p. 170). Entretanto, isso não impediu que a construção do trecho Rio-Santos da BR-101 desencadeasse em ambos os municípios o mesmo processo de estímulo ao turismo, ou seja, a construção da rodovia também inaugurou uma fase turística em Paraty. Na verdade, ficar à margem do desenvolvimento urbano-industrial favoreceu a preservação do patrimônio histórico paratiense, que se tornou um relevante ativo municipal. Como pontou um entrevistado, especialista na história da região,

> Paraty preservou coisas que Angra não conseguiu preservar. Por exemplo, nas fortificações que existiram [em Angra] todos os canhões foram... As fortificações deixaram de existir e todos os canhões foram colocados em uma praça. Em Paraty estão em seus locais originais. Onde tinha bateria, cortina e forte, as peças de artilharia estão nos locais originais (entrevistado nº 11).

A consolidação da industrialização e formação da região turística ao longo da década de 1970 fizeram com que a população urbana de Angra dos Reis ultrapasse a população rural pela primeira vez em 1980, ainda que por uma pequena diferença (50,1% contra 49,9%). Uma década depois a transição urbana no município já estaria concluída: em 1991 a população rural representava somente 8,3% da população total e ainda se reduziria a 3,7% em 2010 (Figura 17). Em Paraty se observou uma tendência distinta: a população urbana, que era superior à rural em 1960 (51,9% contra 48,1%), vai se tornar proporcionalmente menor entre 1970 e 2000 e só voltará a ultrapassar a população rural em 2010 (73,8% contra 26,2%), conforme observado na Figura 17. Essa figura também revela que durante o período analisado a população angrense sempre foi consideravelmente maior que a paratiense em números absolutos.

Figura 17 – Variação das populações urbanas e rurais de Angra dos Reis e Paraty (RJ) entre 1960 e 2010.



Fonte: o autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1960; 2023b).

Ao falar sobre o papel dos grandes objetos como agentes transformadores da paisagem, um de nossos entrevistados, especialista em geografia, levantou um ponto relevante sobre a questão do crescimento urbano em Angra dos Reis e Paraty:

> Eu estava na reunião do conselho da APA Cairuçu, aqui em Paraty, e havia um empreendimento que estava querendo se instalar (o Hotel Emiliano), ser instalado lá em Paraty-Mirim. É um lugar preservado, fica dentro da APA Cairuçu, dentro da área de proteção ambiental. Aí o empreendimento fez uma apresentação no conselho, para a comunidade, mostrando a foto de como vai ficar o empreendimento, que vai ficar tudo preservado (a mata), a foto de um monte de favela de Angra dos Reis, várias favelas de Angra dos Reis, e falou assim: "o que vocês preferem: empreendimento ou favelização?". Aí eu respondi dizendo que aquelas fotos faziam parte de um mesmo processo de segregação, que para cada favela de Angra dos Reis, você tem um condomínio fechado, um resort que foi aberto, um grande hotel, um mega empreendimento, que deslocou as populações que geraram essa paisagem, essa favela que ninguém quer. Então, na verdade, se você pensar alteração na paisagem, quanto que os trabalhadores que foram construir as usinas (Angra 1, Angra 2 e Angra 3) foram essas levas de trabalhadores que contribuíram para essa organização espacial que vai se manifestar numa paisagem, que é a de uma favela no morro de Angra dos Reis? Então, de alguma forma, o empreendimento está

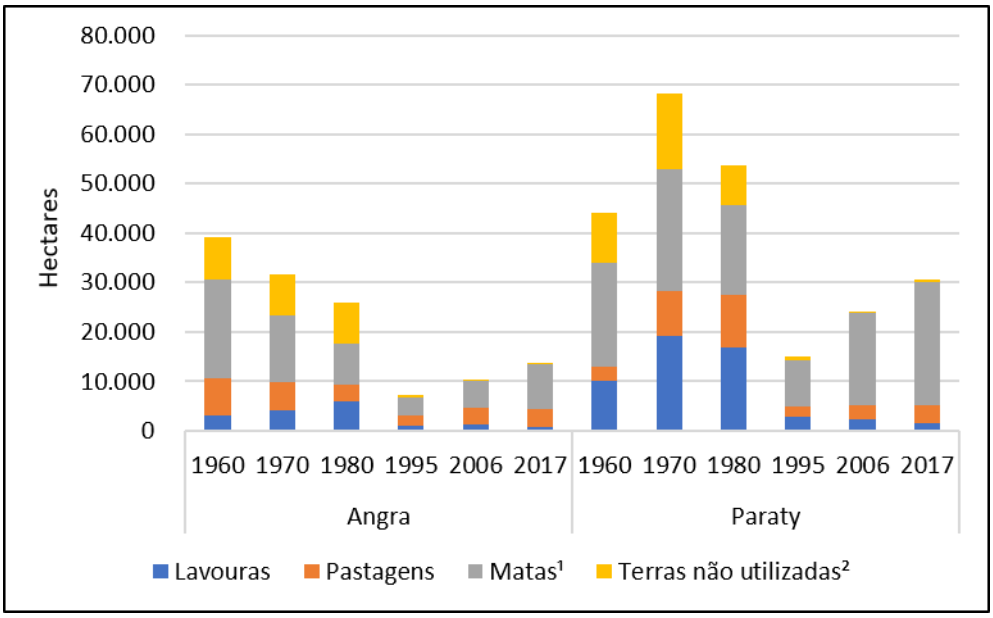
> relacionado àquilo. São mundos diferentes, né (entrevistado nº 7).

Além dos dados demográficos, a área territorial e o uso do solo dos estabelecimentos rurais também refletem as transformações ocorridas nesses dois municípios entre a segunda metade do século XX e o início do século XXI (Figura 18). De 1960 para 1995, em Angra dos Reis houve uma redução acentuada da área total ocupada pelos estabelecimentos rurais, que é coerente com o crescimento da população urbana e a consolidação da atividade industrial citados anteriormente. Com exceção das lavouras, cuja área aumentou entre 1960 e 1980, os demais usos do solo tiveram sua área reduzida ao longo desses 35 anos. Posteriormente, entre 1995 e 2017, há um crescimento da área total ocupada pelos estabelecimentos rurais, porém ela atinge somente cerca de 35% do tamanho observado em 1960. Nesse período há ainda uma grande redução na área das terras não utilizadas. As matas foram o uso do solo mais frequente nos estabelecimentos rurais angrenses em todos os anos analisados, exceto pelo ano de 1980, quando foram ligeiramente superadas pelas terras não utilizadas (32,07% contra 31,82%).

Em Paraty o maior valor de área total dos estabelecimentos rurais é observado em 1970, justamente o ano em que ocorre a maior inversão entre as populações urbana e rural no município (26,4% contra 73,6%, respectivamente). Após um crescimento expressivo entre 1960 e 1980, a área ocupada por lavouras e pastos sofreu uma grande redução entre 1995 e 2017. Uma redução semelhante é observada nas terras não utilizadas. Assim como em Angra, as matas são o uso do solo predominante em Paraty em todos os anos analisados. O máximo observado nessa categoria em 2017 deve-se à classificação dos sistemas agroflorestais como matas plantadas no Censo Agropecuário 2017 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

Guanziroli (1983) alerta que os baixos percentuais de áreas rurais efetivamente produtivas, ocupadas com lavouras e pastagens, associados aos altos percentuais de áreas rurais ocupadas com matas e terras não utilizadas, refletem uma estratégia de reserva de terras. De acordo com essa estratégia, os grandes latifundiários da região esperavam a supervalorização de suas propriedades devido à construção do trecho Rio-Santos da BR-101, para depois vendê-las como loteamentos turísticos. Eram terras destinadas à especulação imobiliária.

Figura 18 – Variação da área e do uso do solo em estabelecimentos rurais de Angra dos Reis e Paraty (RJ) entre 1960 e 2017.



[1] Em 2006 e 2017 incluem os sistemas agroflorestais.
[2] Correspondem às áreas rurais onde não há lavoura, pastagem ou mata.

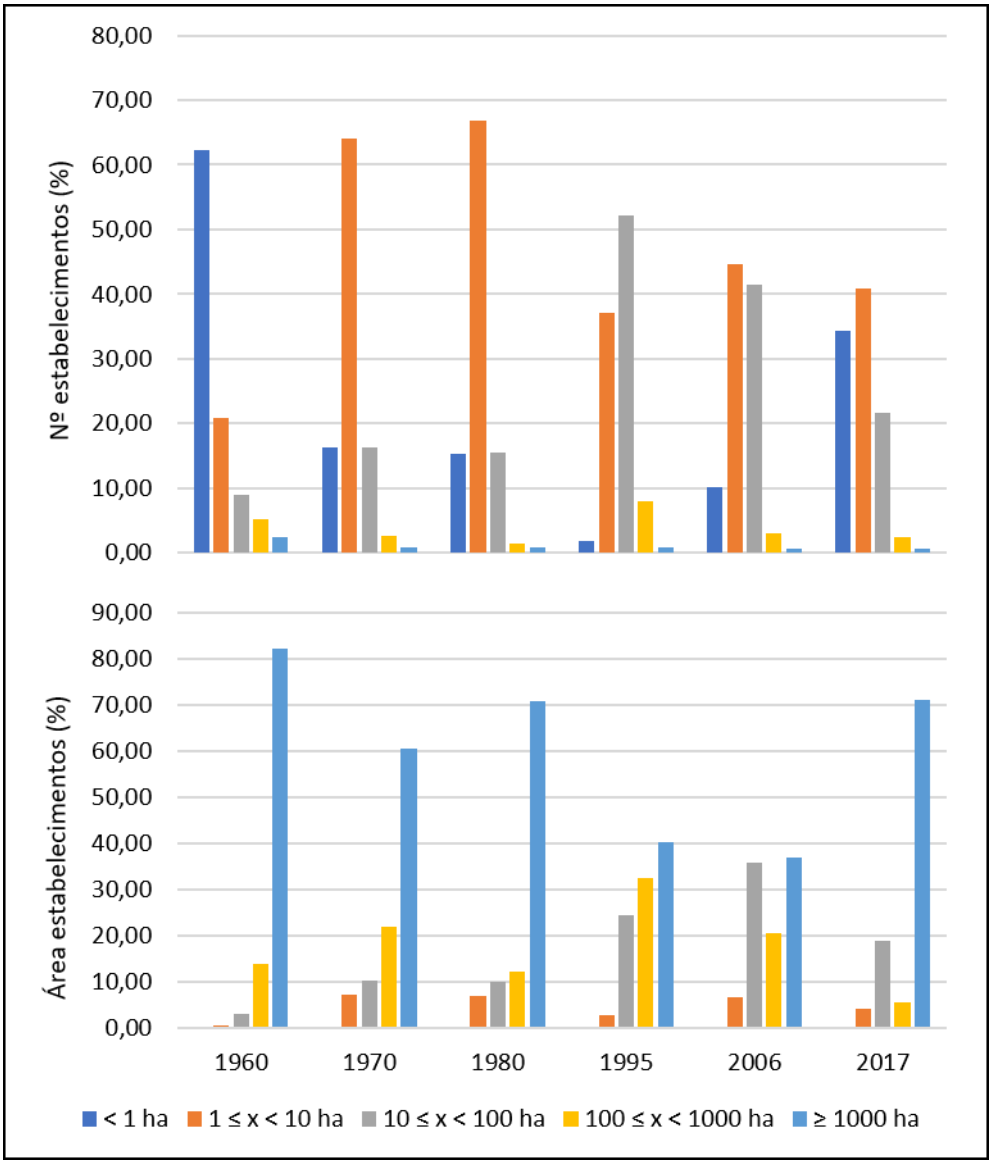
Fonte: o autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1966a; 1974; 1983; 2023a).

Independentemente da variação da área total ocupada pelos estabelecimentos rurais, de modo geral a concentração da estrutura fundiária presente em Angra dos Reis em 1960 vai se manter até 2017. Os estabelecimentos menores que 100ha, sobretudo aqueles com menos de 10ha, são numericamente dominantes nesse período: somados correspondem a pelo menos 91% do total de estabelecimentos rurais do município, dependendo do ano analisado. Os estabelecimentos maiores que 100ha, principalmente aqueles maiores que 1.000ha, embora menos numerosos, correspondem no mínimo a 72% de toda a área ocupada por estabelecimentos rurais, exceto no ano de 2006, quando esse percentual foi de 57,5% (Figura 19).

A situação em Paraty nesse período é similar. Dependendo do ano analisado, estabelecimentos menores que 100ha, com destaque para aqueles com menos de 10ha, correspondem a pelo menos 93% do total de estabelecimentos rurais do

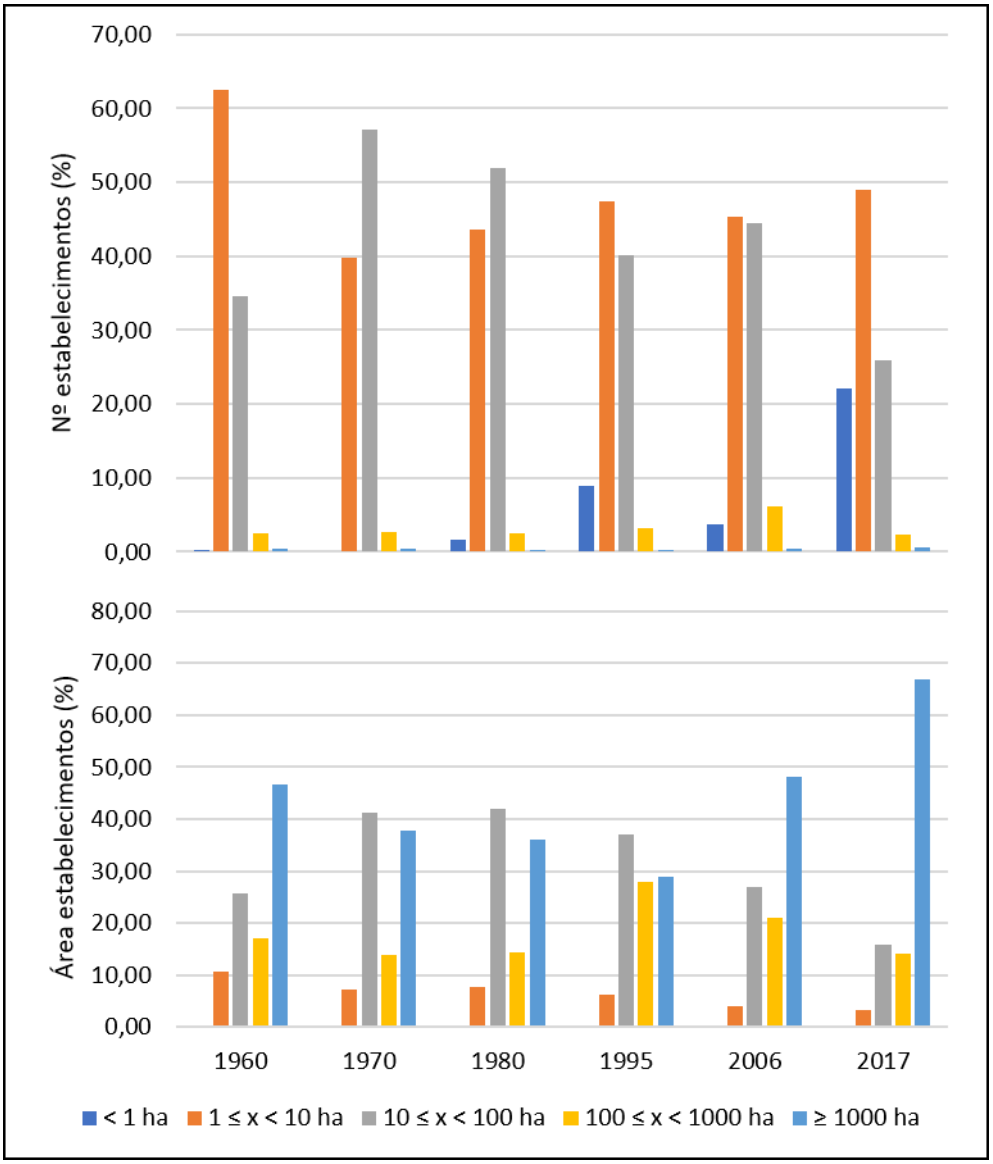
município, enquanto os estabelecimentos maiores que 100ha, sobretudo devido àqueles com mais de 1.000ha, correspondem a pelo menos 50% da área total ocupada por estabelecimentos rurais (Figura 20).

Figura 19 – Estabelecimentos rurais de Angra dos Reis (RJ) por grupos de área total entre 1960 e 2017.



Fonte: o autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1966a; 1974; 1983; 2023a).

Figura 20 – Estabelecimentos rurais de Paraty (RJ) por grupos de área total entre 1960 e 2017.



Fonte: o autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1966a; 1974; 1983; 2023a).

Um dos entrevistados, especialista em agronomia, deu um relato significativo sobre a questão fundiária quando perguntado sobre a influência da Central Nuclear na paisagem:

> Porque ela é determinante, a questão fundiária, hoje eu estou convencido disso, pra paisagem de Angra. Então vamos pegar ali um exemplo que vai ser bem simples: você imaginar aquela várzea, aquela baixada toda da Fazenda Grataú com os bois do Henrique; aí você tem o Frade, aquela montoeira de gente no Morro da Constança e nos morros adjacentes, numa condição de

> risco e baixíssimo coisa [*sic*]; e o condomínio do Frade do lado. Aquilo é o espelho de como a questão fundiária é determinante para a forma que se dá. O empreendimento [Central Nuclear] é só um vetor de aceleração de um processo que não tem jeito de ser diferente. A diferença é se você teria uma vilinha no morro ou se você vai ter ali uma favela inteira. Esse é o *input* do empreendimento, mas a base desigual e desagregadora está na questão das capitanias hereditárias, que a gente ainda não conseguiu superar. E o Cássio na fala dele, que ele tratou especificamente de plano diretor, ele fez a seguinte fala nesse seminário: "não é um problema de planejamento urbano". Aí ele cita que antes do plano diretor de 1991 teve o plano de 1950 e tanto (eu não sei as datas). Sempre teve um plano, nunca foi falta de plano. A questão é a quem os planos atendem (entrevistado nº 5).

Um especialista em gestão socioambiental cita o mesmo exemplo de ocupação do Frade para argumentar que a concentração fundiária inibe um desenvolvimento mais equitativo no município.

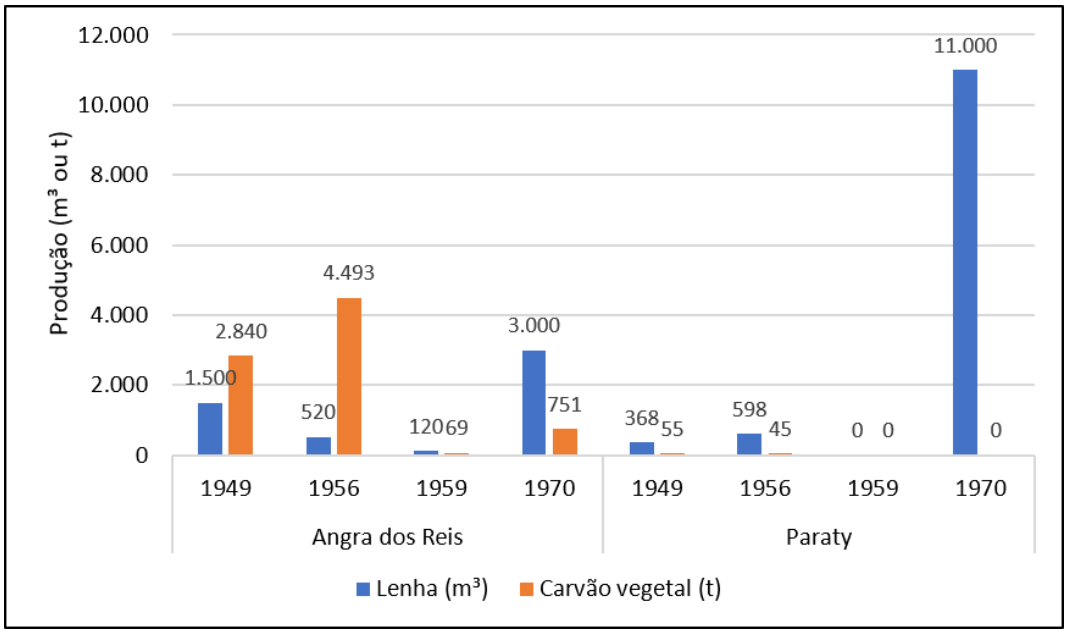
Em meio a essas amplas transformações socioespaciais, as paisagens energéticas existentes se modificaram e novas se formaram. A seguir analisaremos essas paisagens em Angra dos Reis, com exceção daquela ligada à Central Nuclear, que será tratada em uma seção à parte. O cenário paratiense será parcialmente apresentado na análise das matas carvoeiras, paisagem energética presente em ambos os municípios.

4.2 Paisagens energéticas não nucleares de Angra dos Reis na segunda metade do século XX

Antes das transformações socioespaciais ocorridas entre as décadas de 1960 e 1970, a principal paisagem energética tanto em Angra dos Reis quanto em Paraty eram as matas de onde se extraía madeira para produzir lenha e carvão vegetal. Dados dos Censos Agrícolas/Agropecuário de 1950 a 1970 e da Enciclopédia dos Municípios Brasileiros revelam que entre 1949 e 1970 as produções angrenses de lenha e carvão vegetal variaram entre 120m³ e 3.000m³ e entre 69t e 4.493t, respectivamente. Já a produção paratiense variou entre 368m³ e 11.000m³ de lenha e 45t e 55t de carvão vegetal (Figura 21). A contribuição desses municípios para a produção estadual foi pouco expressiva: nesse período a produção fluminense de lenha variou entre 853.000m³ e 1.110.813m³ e a de carvão variou entre 16.084t e

57.943t (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1956; 1959; 1969a; 1974).

Figura 21 – Produção de lenha e carvão vegetal nos municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ) entre 1949 e 1970.



Fonte: o autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1956; 1959; 1969a; 1974).

Posteriormente, essa produção se tornaria ainda menos expressiva: na segunda metade da década de 1980, quando houve produção de carvão vegetal em Angra, os valores variaram entre 1t e 3t apenas. A partir da década de 1990 não há mais registros oficiais de produção carvoeira nesse município. Em Paraty esses registros já estavam ausentes desde a segunda metade da década de 1980. Com relação à lenha, entre 1986 e 2021 há apenas um único registro oficial para ambos os municípios: 320m³ foram produzidos em Paraty no ano de 1997 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2023c).

Os dados oficiais servem para complementar a caracterização da paisagem energética da lenha e do carvão vegetal em Angra dos Reis e Paraty, porém devem ser analisados com cautela, pois provavelmente subestimam a produção real desses combustíveis. Os Censos computam os estabelecimentos rurais que declaram

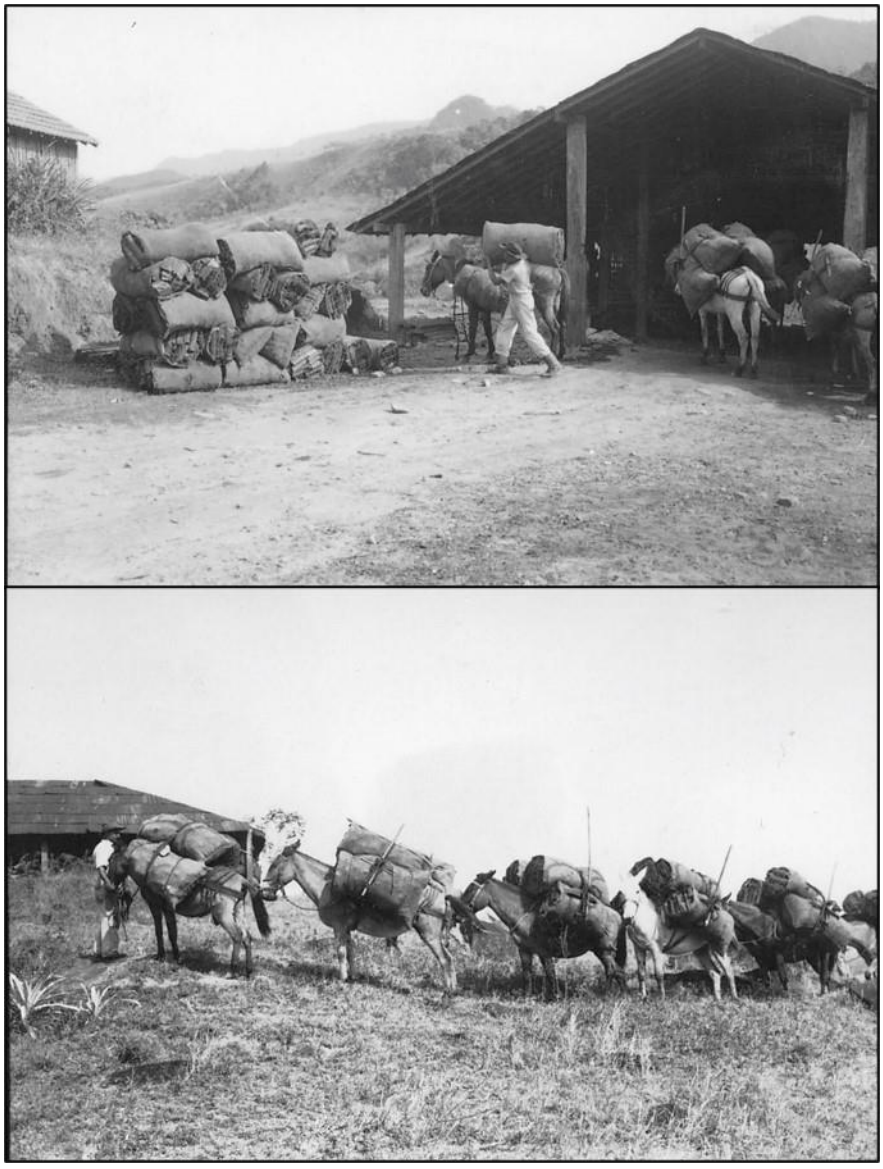
produzir lenha e carvão. Entretanto, como discutido por Rogério Ribeiro de Oliveira e Joana Stingel Fraga (2011), os carvoeiros eram um contingente populacional de grande invisibilidade social e, entre o fim do século XIX e início do século XX, havia um quantitativo considerável de gente que poderia buscar sua sobrevivência na carvoaria. Portanto, é possível que parte da produção desses combustíveis em Angra dos Reis e Paraty ocorresse na informalidade e não fosse contabilizada pelos Censos.

A paisagem energética do carvão vegetal em Angra dos Reis está registrada no acervo dos trabalhos geográficos de campo do IBGE, onde há fotografias de Guerra e Jablonsky datadas de 1958. Além de retratar o armazenamento e o transporte do produto por meio de tropas de mulas, há também registro do transporte rodoviário para Barra Mansa, município próximo localizado no Vale do Paraíba fluminense, evidenciando a conexão entre as paisagens onde o carvão é produzido e consumido (Figuras 22, 23 e 24).

Figura 22 – Depósito de carvão vegetal no município de Angra dos Reis (RJ) em 1958.

Fonte: Guerra e Jablonsky (1958d).

Figura 23 – Transporte de carvão vegetal por tropas de mulas no município de Angra dos Reis (RJ) em 1958.



Fonte: Guerra e Jablonsky (1958e,f).

Figura 24 – Caminhão observado no município de Rio Claro (RJ), em 1958, transportando carvão vegetal produzido em Angra dos Reis e destinado à Barra Mansa (RJ).

Fonte: Guerra e Jablonsky (1958g).

É razoável supor que a logística de produção do carvão vegetal nas escarpas da Serra do Mar em Angra dos Reis se assemelhasse àquela descrita por Armando Magalhães Corrêa para os maciços da Tijuca e da Pedra Branca na cidade do Rio de Janeiro. Nesses locais os fornos eram construídos em platôs escavados em meio a encostas florestadas e, após a carbonização da lenha ser concluída, o carvão era transportado por tropas de burros do alto até a raiz da serra, onde era depositado nos ranchos (CORRÊA, 1936). Esse tipo de logística explicaria porque os depósitos de carvão presentes nas Figuras 22 e 23 situam-se em áreas abertas, aparentemente distantes das matas fornecedoras de lenha.

Sobre as marcas deixadas na paisagem de Angra dos Reis pela produção de carvão vegetal, um de nossos entrevistados, especialista na história da região, faz os seguintes comentários:

> Década de 1960 a Piraquara[43] está desmatada. Era para plantação de café? Não, era porque tudo era à base de carvão. Não tinha energia elétrica. (...)

[43] Adjacente à Itaorna, a área da Piraquara divide-se em dois sacos: Piraquara de Dentro, ao norte, e Piraquara de Fora, ao sul. Durante o processo de desapropriação de terras para construção da Central

> Dali do Perequê eu vi os fornos lá no alto, subindo o rio Mambucaba, lá para cima. Mas como lá a mata é preservada, talvez fosse para produção de carvão para as fazendas mesmo (entrevistado nº 11).

Já um estudo sobre a influência da implantação de Angra 1 feito pelo Ibam no início da década de 1980 afirma que a exploração madeireira e a produção de carvão vegetal eram responsáveis por devastar a "floresta tropical primitiva" presente em Angra dos Reis (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 1982, p. 8).

Na tipologia das paisagens energéticas de Pasqueletti e Stremke (2018), as matas carvoeiras de Angra têm sua qualificação substantiva no espectro da baixa densidade energética. Com base nos dados oficiais da produção de carvão vegetal, calculamos que a energia exportada por essas paisagens variou entre $2{,}07 \times 10^{12}$J e $1{,}35 \times 10^{14}$J, com uma média anual de $6{,}11 \times 10^{13}$J[44]. Na ausência de dados mais precisos das áreas onde efetivamente ocorria a produção de carvão, tomamos como referência as áreas de mata dos estabelecimentos rurais do município (Tabela 3). No entanto, devemos ressaltar que essa referência é superestimada, pois a atividade carvoeira certamente não ocorria em toda a extensão dessas matas.

Tabela 3 – Exportação de energia sob a forma de carvão vegetal das matas carvoeiras de Angra dos Reis (RJ) entre 1949 e 1970.

Ano[1]	Matas (ha)	Carvão vegetal (t)	Energia (J)
1949/1950	24.770	2.840	$8{,}43 \times 10^{13}$
1956	-	4.493	$1{,}33 \times 10^{14}$
1959/1960	19.859	69	$2{,}05 \times 10^{12}$
1970	13.547	751	$2{,}23 \times 10^{13}$

[1] Quando há duas datas, a primeira é relativa à produção de carvão e a segunda à área de mata.

Fonte: o autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1956; 1959; 1969a,b; 1974) e de Vaclav Smil (2008).

Nuclear, a porção sul da Piraquara de Fora foi incorporada à área de propriedade de Furnas e lá foi construída a estrutura de saída da água de resfriamento das usinas nucleares.

[44] Conteúdo energético do carvão vegetal igual a $2{,}97 \times 10^{7}$J/kg (SMIL, 2008).

As matas carvoeiras são compostas pela vegetação propriamente dita, pelos depósitos, pelas tropas de mulas e pelos fornos de carvão, seu elemento mais característico. Na ausência de fotografias de época e por não termos encontrado fornos durante os trabalhos de campo, reproduzimos a didática e detalhada gravura de Percy Lau (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1975) para complementar a qualificação substantiva dessa paisagem (Figura 25).

Figura 25 – Fornos de carvão tipicamente encontrados no sudeste do Brasil.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1975).

Os elementos associados à produção de carvão vegetal têm baixo grau de dominância espacial, sendo qualificados como componentes da paisagem. Embora seja necessário abrir uma clareira e escavar um platô, os fornos podem se dispersar pela mata sem comprometer sua continuidade, chegando a ficar até relativamente ocultos. Além disso, os depósitos de carvão e as trilhas de passagem das mulas não inviabilizam outros usos do solo: eles poderiam estar presentes, por exemplo, em meio a um pasto que abriga animais de criação.

Na qualificação temporal o grau de permanência das matas carvoeiras é baixo, a paisagem é dinâmica, reversível e de rápida transformação. Conforme

mencionamos no Capítulo 1 do presente trabalho (seção 1.3), após a suspensão do manejo humano, em cerca de um século a floresta pode se regenerar de forma significativa, sem que sejam observados efeitos ecológicos negativos expressivos da produção de carvão (OLIVEIRA, 2015).

Nas qualificações adicionais as matas carvoeiras são enquadradas no estágio de extração da cadeia de produção da energia, pois são fonte de combustível. Consequentemente, com relação ao nível de independência energética, são consideradas paisagens exportadoras, baseadas apenas nos trabalhos humano, animal e do fogo. O principal agente atuante no desenvolvimento dessas paisagens são as comunidades locais, visto que trabalhadores rurais são os responsáveis diretos pela produção do carvão.

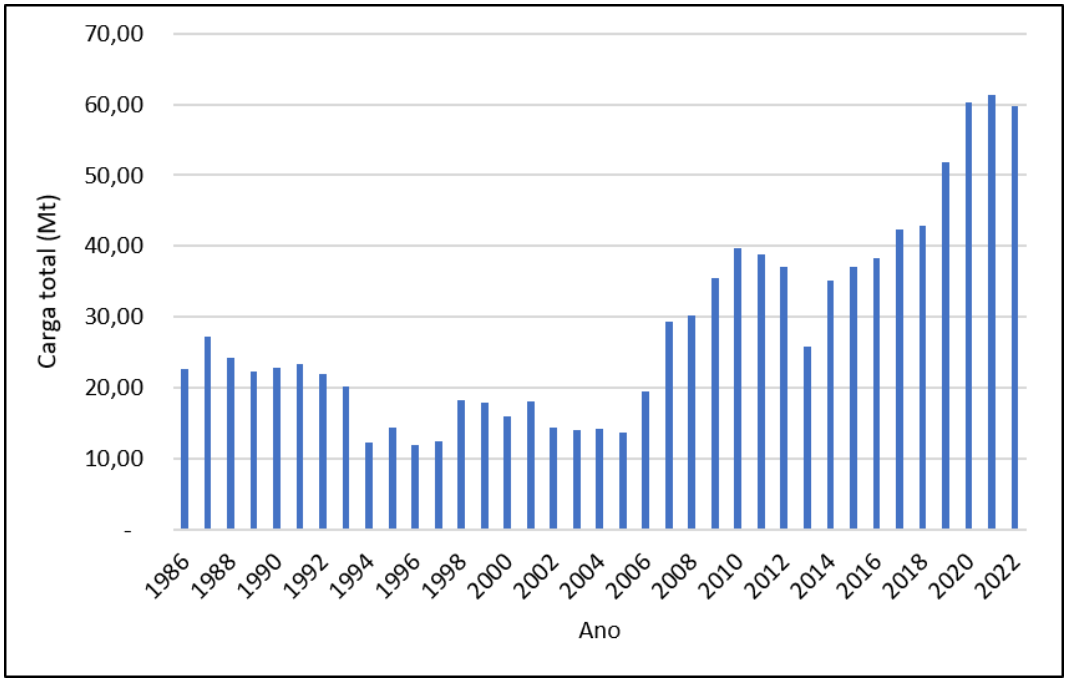
A partir da década de 1980, a produção carvoeira oficialmente reconhecida de Angra dos Reis, que já era pouco expressiva, tornou-se irrelevante. Duas outras paisagens energéticas, com formação iniciada na década anterior, vão ganhar destaque em múltiplas escalas geográficas: a Central Nuclear, que será tratada em detalhes na próxima seção, e o Tebig.

Dados do Anuário Estatístico Portuário (2000–2009), da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2023) e da Confederação Nacional de Transportes (2021) revelam que entre 1986 e 2022, consideradas as importações e exportações, passaram pelo Terminal 1.046,57Mt de petróleo e derivados. O valor anual variou entre 11,91Mt e 61,40Mt, sendo a média de 28,29Mt (Figura 26). O Tebig possui um papel significativo como ponto de entrada e saída de hidrocarbonetos no Brasil: entre 2000 e 2022 passaram pelo Terminal entre 9,94% e 26,64% de todo o petróleo e derivados importados e exportados pelo país, sendo a média anual nesse período de 19,65%[45].

[45] Valor estimado a partir de dados de importação e exportação de petróleo e derivados no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2023) e dados de embarque e desembarque de cargas movimentadas em navegação de longo curso no Tebig (ANUÁRIO ESTATÍSTICO PORTUÁRIO, 2000-2009; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES, 2021; AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS, 2023). Uma vez que os dados de importação-exportação são mensurados metros cúbicos e os dados de embarque-desembarque são mensurados em toneladas, foi feita uma conversão a partir da equivalência calculada para o petróleo, em que 1m³ corresponde a 0,872t (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2003). Na impossibilidade de fazer conversões específicas para cada tipo de derivado, aplicou-se a mesma equivalência do petróleo nesses casos.

Além das múltiplas conexões que pode estabelecer com outros terminais petroleiros por meio do fluxo de navios, o Tebig está fisicamente conectado ao Terminal de Campos Elíseos, município de Duque de Caixas (RJ), por um oleoduto de 123km de extensão. Por sua vez, Campos Elíseos liga-se às refinarias de Duque de Caxias, por cinco dutos de aproximadamente 2km, e de Gabriel Passos, município de Betim (MG), por um oleoduto de 364km (PETROBRAS, sem data). Portanto, devido à sua função de entreposto de petróleo e derivados, o Tebig conecta-se com diversas outras paisagens energéticas dentro e fora do Brasil.

Figura 26 – Movimentação de petróleo e derivados no Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), município de Angra dos Reis (RJ), entre 1986 e 2022.



Fonte: o autor, a partir de dados do Anuário Estatístico Portuário (2000–2009), da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2023) e da Confederação Nacional de Transportes (2021).

Na tipologia das paisagens energéticas de Pasqueletti e Stremke (2018), o Tebig tem sua qualificação substantiva baseada no petróleo e seus derivados, e situada no espectro intermediário da densidade energética. A partir dos dados anuais de movimentação portuária, calculamos que a energia enviada e recebida por essa paisagem variou entre $5{,}24 \times 10^{17}$J e $2{,}70 \times 10^{18}$J, com uma média de $1{,}24 \times 10^{18}$J

por ano[46] (Tabela 4). Essa quantidade de energia é de três a seis ordens de grandeza maior que aquela exportada pelas matas carvoeiras de Angra.

De acordo com a Secretaria de Planejamento de Angra dos Reis (ABREU, 2005), somadas a área principal e a área de serviços auxiliares, o Tebig ocupa efetivamente 125ha (Figura 27). Os elementos mais característicos de sua paisagem energética são os tanques de estocagem e os dutos de transporte de petróleo e derivados. Esses últimos conectam as duas áreas e se estendem sob a água ou sob o solo, mas deixam marcas na paisagem mesmo quando enterrados (Figuras 28, 29 e 30). Por se tratar de um terminal aquaviário, um píer de aproximadamente 1,3km (PIR2 CONSULTORIA AMBIENTAL, 2009), onde frequentemente se avistam navios petroleiros atracados, constitui outro importante elemento paisagístico.

Há um outro elemento, comum ao Tebig e à Central Nuclear, que não é propriamente uma estrutura industrial, porém, ao menos durante parte do desenvolvimento da paisagem energética, desempenha papel fundamental na cadeia produtiva da energia: a vila residencial de trabalhadores. Conforme análise de Rosélia Piquet, os grandes projetos industriais das décadas de 1970-1980

> por serem portadores de novas condições técnicas de produção em locais desprovidos de centros urbanos adequados às suas necessidades, foram levados a implantar e administrar cidades-empresas não só capazes de dar suporte à produção como também de abrigar e manter a força de trabalho (PIQUET, 1998, p. 32).

O Tebig não chegou a estabelecer uma cidade-empresa, mas sua vila residencial, conhecida localmente como Vila da Petrobrás, passou a designar um dos bairros do município (ANGRA DOS REIS, 2009). Ocupando uma área de aproximadamente 30ha adjacente ao terminal (Figura 27), num primeiro momento a vila serviu exclusivamente de moradia para os funcionários do Tebig, porém posteriormente os imóveis foram vendidos pela Petrobrás por meio de leilão (*e.g.* PETROBRAS, 2017; 2022a,b).

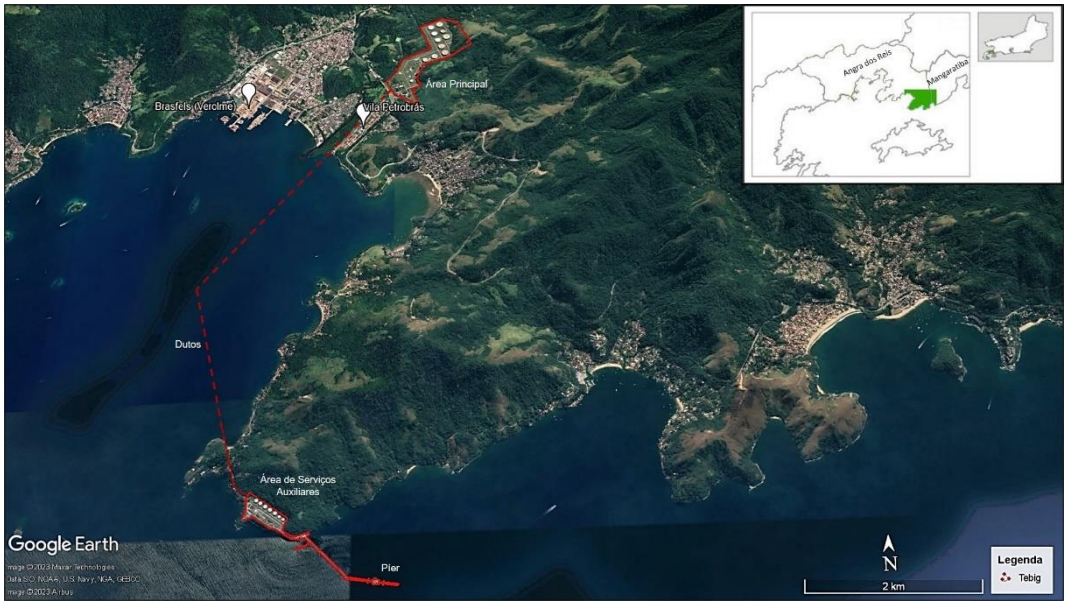
[46] De acordo com Smil (2008), o conteúdo energético do petróleo, do óleo diesel e das gasolinas pode variar entre $4{,}00 \times 10^7$J/kg e $4{,}73 \times 10^7$J/kg. Adotamos o valor intermediário de $4{,}40 \times 10^7$J/kg para o conjunto composto pelo petróleo e seus derivados.

Tabela 4 – Energia movimentada pelo Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), Angra dos Reis (RJ), sob a forma de petróleo e derivados entre 1986 e 2022.

Ano	Área Tebig (ha)	Petróleo e derivados (t)	Energia (J)
1986	125	22.573.318	$9{,}93 \times 10^{17}$
1987	125	27.146.892	$1{,}19 \times 10^{18}$
1988	125	24.253.846	$1{,}07 \times 10^{18}$
1989	125	22.250.939	$9{,}79 \times 10^{17}$
1990	125	22.886.826	$1{,}01 \times 10^{18}$
1991	125	23.355.108	$1{,}03 \times 10^{18}$
1992	125	21.976.859	$9{,}67 \times 10^{17}$
1993	125	20.139.324	$8{,}86 \times 10^{17}$
1994	125	12.217.329	$5{,}38 \times 10^{17}$
1995	125	14.277.257	$6{,}28 \times 10^{17}$
1996	125	11.910.781	$5{,}24 \times 10^{17}$
1997	125	12.507.798	$5{,}50 \times 10^{17}$
1998	125	18.316.479	$8{,}06 \times 10^{17}$
1999	125	17.814.607	$7{,}84 \times 10^{17}$
2000	125	15.924.128	$7{,}01 \times 10^{17}$
2001	125	18.036.413	$7{,}94 \times 10^{17}$
2002	125	14.429.938	$6{,}35 \times 10^{17}$
2003	125	14.064.157	$6{,}19 \times 10^{17}$
2004	125	14.139.382	$6{,}22 \times 10^{17}$
2005	125	13.633.241	$6{,}00 \times 10^{17}$
2006	125	19.426.218	$8{,}55 \times 10^{17}$
2007	125	29.343.125	$1{,}29 \times 10^{18}$
2008	125	30.195.739	$1{,}33 \times 10^{18}$
2009	125	35.417.192	$1{,}56 \times 10^{18}$
2010	125	39.612.657	$1{,}74 \times 10^{18}$
2011	125	38.783.547	$1{,}71 \times 10^{18}$
2012	125	37.041.162	$1{,}63 \times 10^{18}$
2013	125	25.797.055	$1{,}14 \times 10^{18}$
2014	125	35.058.452	$1{,}54 \times 10^{18}$
2015	125	37.136.830	$1{,}63 \times 10^{18}$
2016	125	38.314.024	$1{,}69 \times 10^{18}$
2017	125	42.313.886	$1{,}86 \times 10^{18}$
2018	125	42.871.136	$1{,}89 \times 10^{18}$
2019	125	51.904.571	$2{,}28 \times 10^{18}$
2020	125	60.300.000	$2{,}65 \times 10^{18}$
2021	125	61.400.000	$2{,}70 \times 10^{18}$
2022	125	59.800.000	$2{,}63 \times 10^{18}$

Fonte: o autor, a partir de dados do Anuário Estatístico Portuário (2000–2009), da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2023) e da Confederação Nacional de Transportes (2021).

Figura 27 – Localização das áreas do Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), município de Angra dos Reis (RJ).



Fonte: o autor.

Figura 28 – Tanques de estocagem de petróleo e derivados na área principal do Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), município de Angra dos Reis (RJ), década de 2000.

Fonte: PIR2 Consultoria Ambiental (2009).

Figura 29 – Tanques de estocagem de petróleo e derivados na área de serviços auxiliares do Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig) com píer ao fundo, município de Angra dos Reis (RJ), década de 2000.

Fonte: Transpetro (sem data).

Figura 30 – Dutos de transporte de petróleo e derivados próximos à área de serviços auxiliares do Terminal da Baía de Ilha Grande (Tebig), município de Angra dos Reis (RJ), década de 2000.

Fonte: PIR2 Consultoria Ambiental (2009).

Os elementos da paisagem associados ao Tebig têm diferentes graus de dominância espacial. Os tanques de estocagem possuem alto grau de dominância e são qualificados como entidades. Portanto, na área em que eles são instalados não é permitido nenhum outro uso do solo. O píer recebe a mesma qualificação, pois constitui efetivamente uma barreira em meio ao espelho d'água, além de criar um tráfego intermitente de navios petroleiros e embarcações de apoio, que

temporariamente impede outras atividades nos arredores da estrutura (*e.g.* pesca, esportes náuticos e turismo). Já os dutos possuem grau de dominância intermediário, isto é, outros usos do solo ou do mar são possíveis, mas existem restrições, como realizar escavações e trafegar com veículos sobre a faixa de dutos terrestres ou fundear sobre os dutos subaquáticos.

A formação da paisagem foi relativamente rápida, com as obras de instalação durando apenas três anos (GUANZIROLI, 1983). Terminais petrolíferos típicos são projetados com uma vida útil média de aproximadamente 25 anos, que pode ser estendida por meio de programas de controle de envelhecimento da planta (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2015). O Tebig opera há 46 anos e, até o momento, não há indícios do encerramento de suas atividades. Pelo contrário, em 2021 a Petrobrás pleiteou, sem sucesso, a ampliação do terminal junto ao órgão ambiental fluminense (BOISSON, 2021).

A princípio, a base normativa brasileira sobre descomissionamento de instalações de petróleo e gás natural prevê que as estruturas marítimas e terrestres sejam removidas após o encerramento das atividades de exploração e produção. Excepcionalmente, mediante justificativa multicritério (técnico, ambiental, social, econômico, de segurança, entre outros), o empreendedor poderá solicitar ao órgão regulador autorização para a remoção parcial ou mesmo a permanência *in situ* das estruturas marítimas. Nesse caso não podem haver interferências injustificadas à navegação, ao ambiente marinho e ao demais usuários do mar. A situação em terra é similar: as faixas dos dutos e as vias de acesso deverão ser eliminadas e adequadas ao uso do solo no entorno, salvo justificativa em contrário (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2020).

Portanto, a qualificação temporal da paisagem energética do Tebig fica em aberto, dependendo da trajetória a ser seguida no descomissionamento. Ela poderá ser dinâmica e reversível, se as áreas marinhas e terrestres ocupadas pelo terminal recuperarem seu uso original e não apresentarem restrições a outros usos, ou poderá ter um grau de permanência e de reversibilidade intermediário, se essas áreas permaneceram com alguma restrição de uso após o descomissionamento.

Nas qualificações adicionais a paisagem do Tebig é enquadrada no estágio de transporte da cadeia de produção de energia, devido à sua função de entreposto.

A movimentação efetiva do petróleo e dos derivados ocorre por meio dos navios, elementos que complementam essa paisagem, e do oleoduto Angra dos Reis-Campos Elíseos, responsável pela formação de outras paisagens energéticas ao longo de seu percurso[47]. Com relação ao nível de independência energética, o Tebig atua como exportador e importador, em função do tráfego naval. O fluxo de energia que passa por essa paisagem depende diretamente do fluxo das embarcações petroleiras. Secundariamente, o terminal depende da energia fornecida pela rede elétrica para o funcionamento de seus equipamentos. O principal agente atuante no desenvolvimento da paisagem energética do Tebig é o governo brasileiro, controlador da Transpetro.

Na seção seguinte vamos descrever a paisagem energética criada pela Central Nuclear e, por fim, tecer considerações sobre o conjunto das paisagens energéticas de Angra dos Reis.

4.3 O entorno da Central Nuclear

No caso da Central Nuclear, além de abordar a formação da paisagem energética propriamente dita, como fizemos na seção anterior, vamos abordar a transformação da paisagem de forma mais detalhada.

O primeiro elemento a viabilizar essa transformação foi a desapropriação das terras para a construção do empreendimento (ver Capítulo 3, seções 3.2 e 3.3), que se materializou na forma de seis decretos presidenciais promulgados ao longo da década de 1970 (BRASIL, 1970c; 1973; 1976a,b; 1977; 1978). Esses decretos conferiram à Furnas (posteriormente Eletronuclear) duas áreas de propriedade: uma em Angra dos Reis, na divisa interdistrital de Cunhambebe e Mambucaba, e outra em Paraty, no distrito de Tarituba.

Na área desapropriada em Angra dos Reis e em seus arredores, havia pequenos povoados caiçaras. Na Piraquara de Dentro, por exemplo, Priscila Siqueira (2019) relata a presença de seis famílias totalizando quase 60 pessoas. Uma das moradoras mais antigas entrevistadas pela autora conta que antes da abertura da

[47] Ver Araujo e Solórzano (2021, p. 5-6) para uma discussão sobre paisagens energéticas formadas por empreendimentos lineares.

Rodovia BR-101 tinha “roça branca de mandioca, milho e feijão até em cima do morro. Mas os aterros da estrada acabaram com as nossas plantações, pois deixaram muita pedra no lugar” (SIQUEIRA, 2019, p. 55). De forma complementar, o marido dessa senhora afirma que naquela época “a gente vivia isolado, dependendo da roça e do mar para comer” (SIQUEIRA, 2019, p. 55).

Um cenário similar é apresentado em reportagem do Jornal do Brasil sobre o início das obras da Central Nuclear: um cadastramento feito nas praias da Batanguera, Brava e Itaorna registrou um total de 500 habitantes, cujas atividades principais eram a pesca e a lavoura de subsistência (MAQUINARIA, 1970). Essas três localidades foram efetivamente incorporadas às áreas de propriedade de Furnas.

José Rafael Ribeiro (2007) compilou alguns depoimentos de antigos moradores de Itaorna que corroboram a presença de um povoado caiçara no local. Ao refletir sobre a desapropriação de terras para a Central Nuclear, uma mulher relembra sua infância e questiona: “e os campos, os pássaros, cachoeiras, pomares plantados com carinho, animais, pois nossa família tinha criações, ficaram esquecidos?” (RIBEIRO, 2007, p. 192, grifo nosso). O relato de outro morador frente à chegada de forasteiros interessados naquelas terras foi o seguinte:

> Quando tudo começou acontecer em Itaorna, nós estávamos puxando rede na praia. Quando chegaram homens de ternos e gravata, aparência de muito rico, dizendo: quero comprar de vocês, canoa, remo, rede, tudo de pescaria (...) Depois que esses homens chegaram acabou nosso sossego. Querendo a força comprar casas, ranchos, enfim, tudo que ali eles cultivavam, benfeitorias. (RIBEIRO, 2007, p. 187, grifo nosso).

Essa ocupação de Itaorna também é confirmada pelo relato de um dos nossos entrevistados, especialista em planejamento urbano, durante sua fala sobre os efeitos da Central Nuclear na transformação da paisagem. Com relação aos arredores de Itaorna, ele afirmou:

> Então se você pegar fotografias, tem o impacto da Rio-Santos, que é violento naquele trecho ali, principalmente. Você já deve ter visto, porque cortou aqueles morros, jogou a terra para baixo e tal, mas ali já era pasto, já não tinha Mata Atlântica natural, pelo menos original, quando o empreendimento começou. Já tinha ocupação de pequenos sítios, Itaorna inclusive tinha até uma escolinha. Então tinha morador no entorno todo. Tinha várias casas ali e tinha uma escola ali (entrevistado nº 12, grifo nosso).

Um de nossos entrevistados, especialista em licenciamento nuclear e que frequenta Paraty desde a infância, deu um depoimento que descreve a paisagem de Praia Brava antes da instalação da Central Nuclear. Ao falar sobre o período anterior à abertura da BR-101, quando a principal via de acesso à Paraty era marítima, ele descreveu:

> O rebocador parava a uma distância no mar, a uma distância de Praia Brava para o pessoal descer pelas canoas. Ali só tinha pescadores, pessoal residente ali, local, pessoal da terra, né. E a lancha parava para recolher bananas, aipim que era plantado ali, e descer outros insumos para serem consumidos, vendidos, e consumidos no local (entrevistado nº 10, grifo nosso).

As descrições das paisagens presentes nos parágrafos anteriores são ilustradas pelas imagens a seguir. Numa fotografia de Itaorna em 1970 é possível observar construções do povoado caiçara que lá existia; encostas com áreas descampadas em meio à mata, onde havia roças; e o traçado da estrada não pavimentada que precedeu a BR-101 (Figura 31). O mosaico vegetação-descampado e a estrada também são visíveis numa fotografia de Praia Brava e Itaorna antes da instalação da Central Nuclear (Figura 32) e noutra de Praia Brava durante a construção da vila residencial dos trabalhadores de Furnas em 1972 (Figura 33).

Essa última imagem evidencia ainda bananeiras, um legado ecológico dos caiçaras na paisagem, cujos frutos também devem ter sido consumidos pelos trabalhadores da obra. Essas árvores estão presentes ainda numa fotografia da Piraquara de Fora no final da década de 1970, aparecendo atrás do Laboratório de Radioecologia construído por Furnas para monitorar o ambiente ao redor das usinas (Figura 34). Para a empresa esse legado teve outro uso: as bananas foram incorporadas ao programa de monitoração radiológica, se tornando um dos indicadores para uma eventual contaminação ambiental por radionuclídeos.

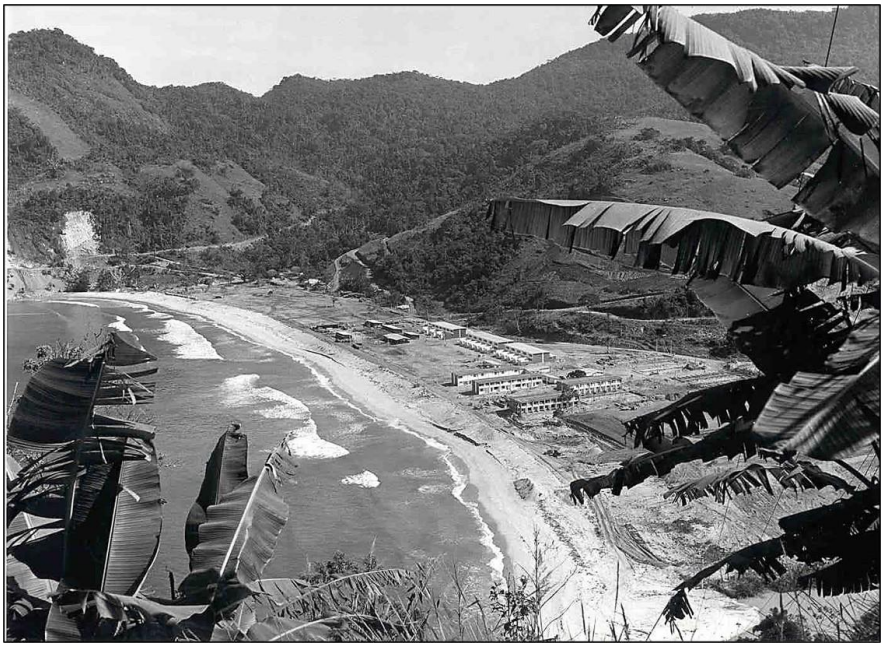
Figura 31 – Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 1970, antes da construção da Central Nuclear.

Fonte: Central Elétrica de Furnas (1970).

Figura 32 – Praias Brava (esquerda) e Itaorna (direita), Angra dos Reis (RJ), no início da década de 1970, antes da construção da Central Nuclear.

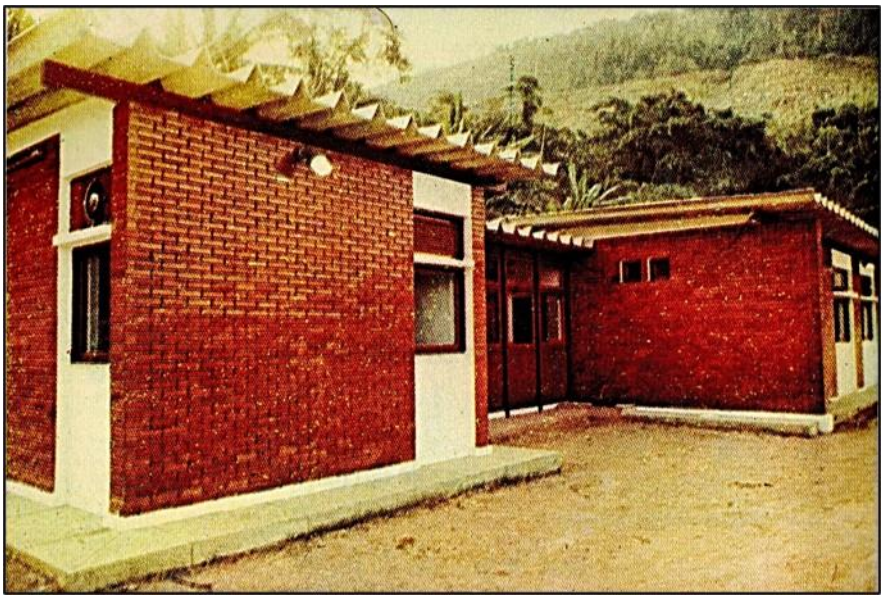
Fonte: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (sem data).

Figura 33 – Construção da vila residencial de trabalhadores da Central Nuclear em Praia Brava, Angra dos Reis (RJ), 1972.



Fonte: Central Elétrica de Furnas (1972).

Figura 34 – Laboratório de Radioecologia de Furnas em Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), final da década de 1970.

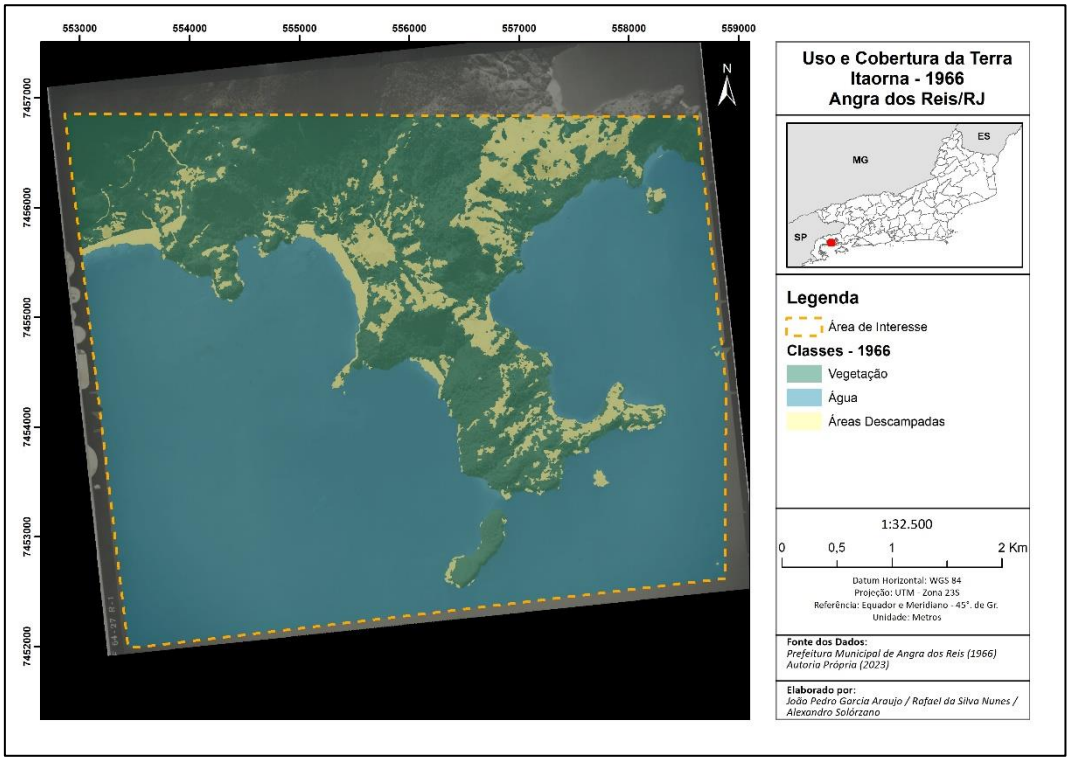


Fonte: Biasi (1979).

O mapeamento do mosaico de vegetação e áreas descampadas existente em Itaorna, Praia Brava e Piraquara de Fora antes da instalação da Central Nuclear e

de sua primeira vila residencial é apresentado na Figura 35. Em Itaorna, após a faixa de praia, predominavam áreas descampadas, sobretudo nas porções central e sul; já a porção norte era mais vegetada. Em Praia Brava os descampados concentravam-se nas porções central, próximo à praia, e nordeste. O morro que separa essas duas localidades era predominantemente vegetado, mas com algumas manchas de descampado na porção sul, próximo ao mar. A Piraquara de Fora era a área mais heterogênea: na porção norte a linha de costa era mais vegetada e o interior mais descampado, enquanto na porção sul a situação era um tanto quanto invertida. Já na porção central havia uma faixa descampada que se conectava à faixa de praia, seguia para oeste cruzando o morro, e estendia-se até Itaorna.

Figura 35 – Uso e cobertura da terra na área de interesse de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 1966.



Fonte: Araujo, Nunes e Solórzano (2023b).

Depois das desapropriações nas três localidades citadas acima, um novo decreto concedeu à Furnas uma área de 56ha na planície do Rio Mambucaba, próxima ao limite municipal entre Angra dos Reis e Paraty (BRASIL, 1977).

Diferentemente da primeira propriedade da empresa, formada a partir de territórios caiçaras, a segunda era oriunda do loteamento de terras da família Magalhães de Castro, que anteriormente fizeram parte da Fazenda Itapicu (INSTITUTO BRASILEIRO DE ANÁLISES SOCIAIS E ECONÔMICAS, 2019). Um de nossos entrevistados, especialista em planejamento urbano, fez um breve histórico dessa área:

> Aquele loteamento que hoje o pessoal chama Parque Mambucaba, ele é dos anos 1960, é de antes da Rio-Santos. Foi aprovado pelo município até. Ele ficava de frente para a antiga rodovia Angra-Paraty, uma estrada de chão, e quando a Rio-Santos passou, foi depois. Ele é dos anos 1960, final dos anos 1960; a Rio-Santos passou nos anos 1970 (1973-74), junto com a usina [nuclear] praticamente. Praticamente, não; foi junto. Você pega a foto da construção da usina tem foto da rodovia também. E ele passou mais para o lado do mar do que a estrada, que passava mais por dentro, porque ali tinha manguezal. Então o loteamento foi ampliado informalmente: as duas, três primeiras ruas que são paralelas à Rio-Santos não fazem parte do loteamento original. Lá eram tipo "chacarazinhas", lotes de 2.500m² e 5.000m², eram lotes de lazer por conta das praias. Da praia da vila [residencial de Mambucaba] (que agora é da vila) e das outras próximas que tem ali mais para o lado de Paraty. E muita gente de Volta Redonda comprou: fazendo um paralelo, tem amigos meus que os pais compraram. A empresa que fez o loteamento era de Volta Redonda parece... a incorporadora, uma coisa assim. Então aquele bairro ficou assim um tempo e com a construção da usina o bairro explodiu; com a construção da Central, tem Angra 1 primeiro, depois demorou um tempo para Angra 2 (entrevistado nº 12).

Quando perguntamos a esse entrevistado se havia uma população fixa residindo nas terras do loteamento que deu origem ao Parque Mambucaba ele complementou seu raciocínio anterior:

> Não, não. Tanto que eram lotes de 2.500m² e 5.000m², era tipo "chacarazinha" de lazer. O que aconteceu, assim, só para entender um pouquinho a ocupação lá, como eu te falei a empresa, a incorporadora ou a construtora, não sei, era de Volta Redonda e eles ofereceram na CSN [Companhia Siderúrgica Nacional], para os trabalhadores da CSN, que era um público que tinha uma grana, que o pessoal ganhava bem e tal, um salário razoável. Então o que aconteceu? Eu sei que juntavam três, quatro trabalhadores e compravam um lote daquele de 5.000m², que era um lote de lazer. Aí cada um faz um barraquinho lá pra gente passar o fim de semana na praia. Quando a usina, quando o empreendimento da Central [Nuclear] começou, tomou corpo e tal, coincidiu também que muitos desses começaram a se aposentar e aí os caras começaram a partir esses "lotinhos" de 5.000m² em "lotinhos" de 1.000m², depois de 500m², depois dois

> de 250m², e foi ocupando com moradia mesmo, normal, sem ser de lazer. Tem muito lazer também, muita gente de Volta Redonda tem casa lá de lazer, mas tem muito morador também. Então houve um impacto bem grande em termos urbanísticos, de ocupação. Se não tivesse o empreendimento, se não tivesse a Central, talvez tivesse continuado como lote de lazer, como é em outros condomínios maiores, com lotes maiores e tal. Eu imagino, né? (entrevistado nº 12).

Na propriedade de Furnas no Parque Mambucaba foi construída a Vila Madezatti, que abrigou principalmente trabalhadores de nível médio técnico da Central Nuclear (SILVA, 1999). De forma similar ao ocorrido com a vila residencial do Tebig, posteriormente, as casas da Madezetti foram leiloadas por Furnas/Eletronuclear e a vila tornou-se apenas mais um condomínio do bairro, sem vínculos diretos com a empresa. (*e.g.* ELETRONUCLEAR, 2013).

A área de propriedade de Furnas no distrito de Tarituba, Paraty, foi formada a partir de terrenos então pertencentes à Prainha Sociedade Agro Industrial S.A., uma empresa de criação de gado constituída em 1972[48] (BRASIL, 1977; 1978; COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO E DE SITUAÇÃO CADASTRAL, 2023). Assim, na segunda metade da década de 1970, foram desapropriados terrenos nas praias de Batanguera e Mambucaba, situados abaixo e acima da Rodovia BR-101.

Em Batanguera havia uma área descampada entre a rodovia e a faixa de praia, enquanto acima da estrada predominavam matas de encosta com algumas manchas de descampado (Figura 36). Já em Mambucaba havia uma faixa de vegetação herbácea-arbustiva com influência marinha, limitada pela praia no lado abaixo da estrada e por matas de encosta no lado acima (Figura 37). À desapropriação seguiu-se a construção mais três vilas para trabalhadores da Central Nuclear, denominadas de Vila Residencial de Mambucaba, Vila Operária e Vila Consag.

[48] Embora os dados analisados não permitam afirmar, suspeitamos que a Prainha Sociedade Agro Industrial tenha sido criada visando à especulação imobiliária. Tal suspeita baseia-se em três fatos: 1º) a empresa foi constituída no mesmo ano em que tiveram início as obras do trecho Rio-Santos da Rodovia BR-101; 2º) a pecuária era usada na região como atividade de fachada para o capital turístico-imobiliário (ver GUANZIROLI, 1983, p. 39); 3º) após Furnas iniciar a ação de desapropriação contra a Prainha, a propriedade das terras foi contestada na Justiça por uma terceira parte (AGRAVO, 1988).

Figura 36 – Praia de Batanguera, Paraty (RJ), na década de 1970.

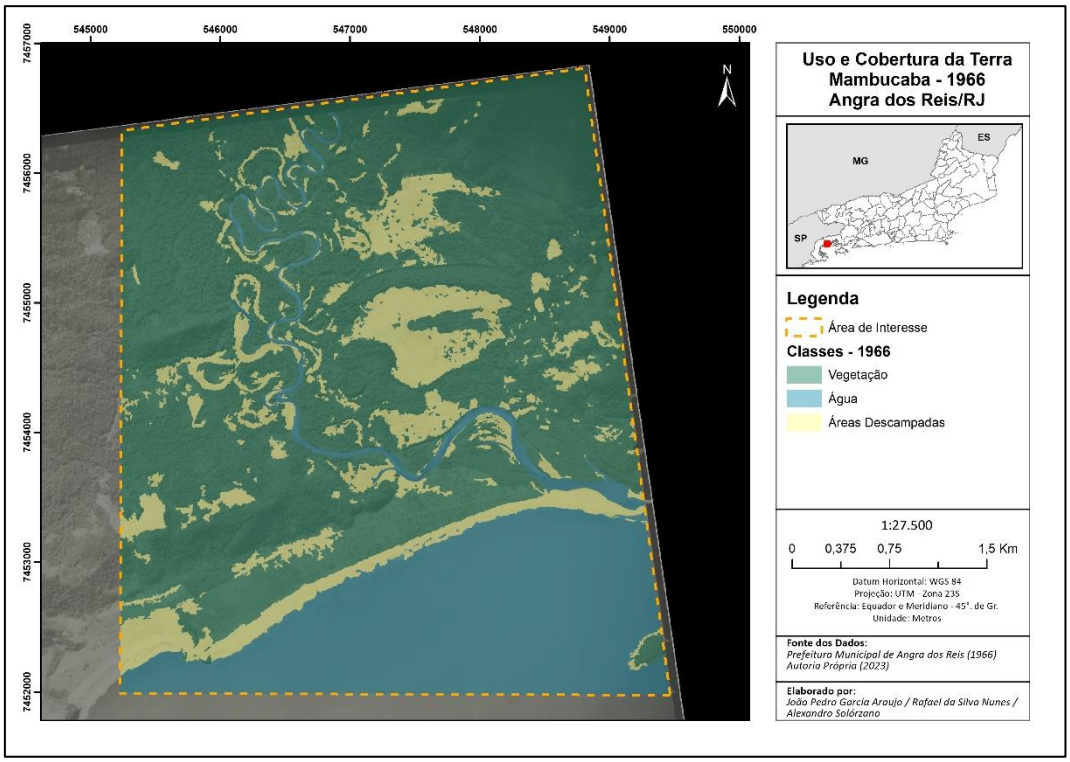
Fonte: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (sem data).

Figura 37 – Praia de Mambucaba, Paraty (RJ), década de 1970, antes da construção da vila residencial de Furnas.

Fonte: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (sem data).

O mapeamento dessa região em 1966 confirma o padrão de cobertura do solo registrado nas fotografias da década de 1970 (Figura 38). Adicionalmente, ele também revela o padrão existente na planície do Rio Mambucaba, onde se desenvolveu o bairro Parque Mambucaba. No lado de Angra dos Reis (a leste do rio), começando na margem do rio e seguindo em direção ao Norte, havia na planície três grandes áreas descampadas separadas e envoltas por faixas de vegetação. Também merecem destaque algumas linhas de descampado que correspondem às cicatrizes deixadas pelas mudanças nos meandros do rio tanto a Leste quanto a Oeste.

Figura 38 – Uso e cobertura da terra na área de interesse de Mambucaba, limite entre os municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ), em 1966.



Fonte: Araujo, Nunes e Solórzano (2023c).

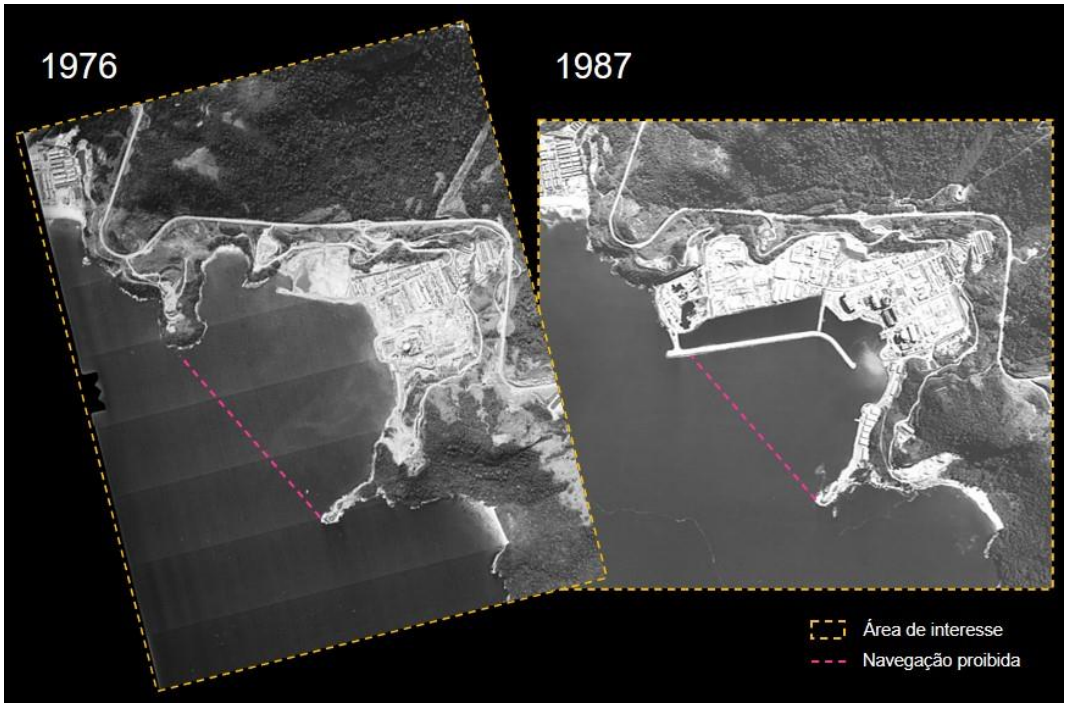
A partir da instalação da Central Nuclear e de suas vilas residenciais, as localidades citadas ao longo desta seção passaram por diversas transformações socioespaciais. Por exemplo: em um estudo preparatório para a presente tese (ARAUJO, 2022), descrevemos transformações na linha de costa de Itaorna com o desmonte do Morro da Ponta Grande e o aterro do Saco Fundo, em quatro momentos distintos da instalação da Central Nuclear (Figura 39). Em 1970, exceto pela descontinuidade da cobertura vegetal do Morro, ainda não eram observadas alterações decorrentes do empreendimento nesses dois acidentes geográficos. Em 1976, o aterro encontrava-se em fase inicial, com a construção de um dique e o aterramento parcial da lâmina d'água, e a cobertura vegetal (herbáceas e arbóreas) do Morro estava parcialmente suprimida. Em 1979, o Morro estava parcialmente desmontado e o aterro finalizado, embora nesse último as edificações do futuro canteiro de obras ainda se encontrassem no esqueleto. Por fim, em 1981, o desmonte do Morro avançou e as edificações do canteiro de obras já eram visíveis no aterro.

Figura 39 – Transformações no Morro da Ponta Grande (1) e no Saco Fundo (2), Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), ao longo da instalação da Central Nuclear.

Fonte: modificado de Araujo (2022).

Além dessas transformações, durante a primeira metade da década de 1980, foi construído um quebra-mar paralelo à porção Oeste da faixa de praia (Figura 40). A demarcação de uma área de navegação proibida a partir da linha imaginária que conecta a Ponta Grande à Ponta Fina somou-se às modificações físicas na linha de costa de Itaorna. A restrição do tráfego marítimo teve por objetivo aumentar a segurança das usinas, pois apenas embarcações expressamente autorizadas pela administração da Central Nuclear teriam permissão para adentrar nessa área. Essa medida é mais uma consequência da nuclearidade do lugar, que se soma àquelas apresentadas na seção 3.3.

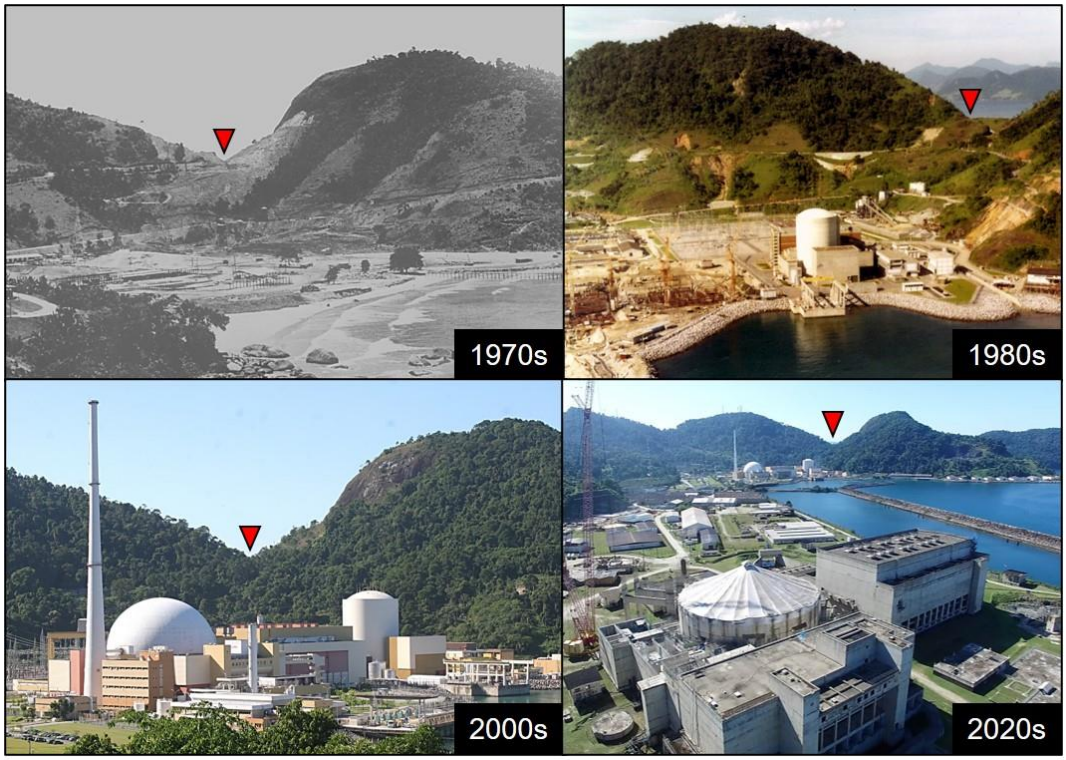
Figura 40 – Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em dois momentos da instalação da Central Nuclear. Destaca-se a construção do quebra-mar.



Fonte: o autor, a partir de dados da Central Elétrica de Furnas (1976; 1987) e da Marinha do Brasil (2019).

De todas as transformações ocorridas na paisagem de Itaorna, aquela que melhor caracteriza o empreendimento nuclear é a presença dos edifícios dos reatores. O edifício de Angra 1, concluído em meados da década de 1980, tem o formato de um cilindro com o topo arredondado; o de Angra 2, concluído no início dos anos 2000, tem o formato de uma meia esfera; o de Angra 3, ainda inacabado, será idêntico ao de Angra 2, mas atualmente consiste em um cilindro baixo, coberto por uma lona de forma cônica (Figura 41). Esses edifícios surgem aos olhos do observador como grandes estruturas de concreto, facilmente visíveis a partir da BR-101, e é relativamente comum ver pessoas às margens da rodovia para fotografá-los.

Figura 41 – Edifício do reator das usinas nucleares Angra 1, Angra 2 e Angra 3 (inconcluso), construídos entre as décadas de 1970 e 2020 na Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ). O triângulo vermelho é a referência para comparação das imagens.



Fonte: o autor, a partir de dados da Central Elétrica de Furnas [198-] e da Eletronuclear ([200-] e 2022a).

De fato, Aline Vieira de Carvalho (2009) nos lembra que um estudo feito em 2006 pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) para a Fundação de Turismo de Angra dos Reis (TurisAngra) classificou a Central Nuclear como um monumento e a incluiu entre os pontos turísticos do município. No entanto, a autora ressalta que essa visão oficial é contestável, pois é difícil compreender a Central na mesma categoria que objetos do patrimônio histórico angrense dos séculos XVII, XVIII e XIX. O empreendimento destoa por ser polêmico (controvérsias acerca da energia nuclear), historicamente recente e supostamente sem atrativos arquitetônicos (CARVALHO, 2009).

Entre nossos entrevistados ouvimos relatos alinhados a ambas as perspectivas. Há aqueles que veem a Central Nuclear completamente integrada à paisagem:

> Então, eu acho que o empreendimento está encaixado [na paisagem] sim. O cinturão verde, ele fica quase que imperceptível. Eu fico assim: "a usina é verde". Eu falava assim. As pessoas falavam "como assim, Fulano? É verde?". Eu consigo enxergar um verde geral e verde é o comprimento de onda que a gente melhor enxerga do ponto de vista da física. Então, eu fico assim: "ah, a usina é verde". "Não, a cúpula é branca, amarelo o prédio, sei lá". Então, eu acho que está bem encaixado, sim (entrevistado nº 15, especialista em física nuclear, grifo nosso).

Há aqueles que têm dúvidas sobre essa integração:

> É porque eu acho realmente bonito. Angra 1 eu não acho bonito não, mas o prédio de Angra 2, em termos de arquitetura, eu até acho mais bonito. Mas não sei... É um contraste bem interessante ali, né? Você tem ali as montanhas atrás, o mar e a usina. A construção humana no meio, entre as duas estruturas naturais (entrevistado nº 4, especialista em ciências militares, grifo nosso).

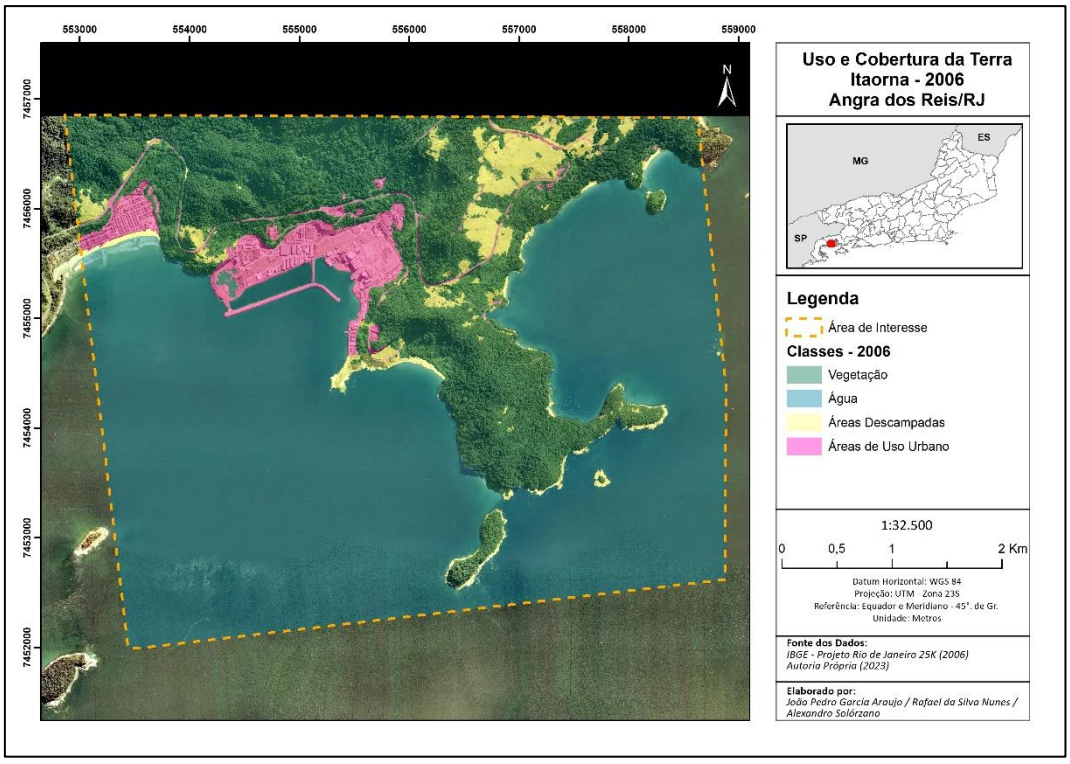
> Embora hoje se use como... hoje não, desde a construção se usa até como ponto turístico para você parar e apreciar, mas, na verdade, o impacto visual é muito forte, né? (entrevistado nº 10, especialista em licenciamento nuclear, grifo nosso).

E há ainda aqueles que veem a Central Nuclear destoando completamente da paisagem:

> as pessoas, eu não digo que sejam todas (só fazendo uma pesquisa estatística para saber), mas uma parte das pessoas se sente agredida com aquela presença ali. Não só pela intrusão daquela coisa lá (agora estou falando por mim mesma). Não só por isso, como também por todo o significado pesado que tem a energia nuclear, as usinas nucleares. As usinas estão sempre sob suspeita. Apaga... chamava vaga-lume numa certa época, porque desligava, ligava, desligava, ligava por questões de segurança internas. Uma coisa que lida com esse tipo de energia é eternamente cercada disso. Mas então [tem] esse lado das pessoas, acho que a gente já comentou quando eu citei o artigo da Lygia Sigaud. Agora, o ambiente físico tem também isso que está dito no título do trabalho, a "Beleza traída", que é aquele lugar, é um lugar turístico cada vez mais, não só pelo continente com seus hotéis, seus resorts etc. que querem aumentar e também tem uma briga entorno disso, que o Bolsonaro queria transformar uma parte numa Cancún. Então é Cancún versus culturas tradicionais locais, é uma confusão dos diabos essa visão. Mas, enfim, o lugar é turístico e no meio, em pleno um lugar que já se consolidou como um lugar turístico também, tem uma imagem como aquela, entendeu? Ferindo visualmente, como se fosse uma interrupção das imagens bucólicas que compõem o lugar. Bem, tem turismo de todo o tipo, né? Pode ser que a usina... pode ser, não: com certeza a usina pode ser considerada um atrativo. Tem turismo até para... sei lá... que chama *dark tourism*, que é para ver campo de concentração (entrevistado nº 14, especialista em antropologia, grifo nosso).

A construção da Central Nuclear e da vila residencial estabeleceu em Itaorna e Praia Brava 121,35ha de áreas de uso urbano até então inexistentes (Figura 42, Tabela 5). A implantação do empreendimento afetou também o mosaico de vegetação e áreas descampadas presente nessas duas localidades e na Piraquara de Fora. Entre 1966 e 2006 houve redução tanto na vegetação quanto nos descampados, cujas áreas passaram de 757,99ha para 725,61ha e de 193,31ha para 104,34ha, respectivamente. Nossos resultados sugerem que a maior parte da área de uso urbano de Praia Brava e Itaorna se estabeleceu sobre descampados já existentes e que a supressão de vegetação necessária para instalação da Central e da vila foi compensada pelo retorno da vegetação em outros pontos. A porção sul da Piraquara de Fora é um bom exemplo de conversão de áreas descampadas em vegetação ao longo desse período. Contudo, esse processo não ocorreu na porção norte, onde a grande mancha de área descampada existente em 1966 continuava presente em 2006 (Figuras 35 e 42).

Figura 42 – Uso e cobertura da terra na área de interesse de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 2006.



Fonte: Araujo, Nunes e Solórzano (2023d).

Tabela 5 – Classes de uso e cobertura da terra na área de interesse de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 1966 e 2006.

Ano	1966	2006	1966	2006
Classe de cobertura	Área (ha)	Área (ha)	Percentual	Percentual
Vegetação	757,99	725,61	79,68	76,28
Áreas descampadas	193,31	104,34	20,32	10,97
Áreas de uso urbano	0,00	121,35	0,00	12,76
Total	951,30	951,30	100,00	100,00

Fonte: Araujo, Nunes e Solórzano (2023b,d).

Essas trajetórias distintas de evolução da cobertura do solo nas porções norte e sul da Piraquara de Fora podem ser atribuídas à questão fundiária. Enquanto todos os terrenos do sul foram incorporados à área de propriedade de Furnas, os terrenos do norte continuaram sob controle de diferentes proprietários. Em alinhamento aos preceitos de área de exclusão e de zona de baixa população estabelecidos na Resolução Cnen 09/69 (ver seção 3.2), Furnas ocupou efetivamente em sua propriedade apenas as áreas convertidas ao uso urbano; o restante foi mantido desocupado e sem uso, permitindo a regeneração natural da vegetação. O mesmo não ocorreu nos terrenos de outros proprietários, como, por exemplo, um daqueles localizados naquela grande mancha de área descampada existente em 1966, que permaneceu com essa cobertura e atualmente é usado para criação de gado (Figura 43).

Figura 43 – Propriedade particular com área descampada usada para criação de gado, observada na porção norte da Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), em 2022.

Fonte: o autor.

Durante as entrevistas surgiram comentários sobre essa variação da cobertura vegetal no entorno da Central Nuclear ao longo do tempo. Entre nossos entrevistados predominou uma perspectiva dualista de natureza e cultura (*sensu* CRONON, 1996), que opõe presença humana e conservação da biodiversidade. Para esse grupo, a retirada das pessoas e o aumento da cobertura vegetal são evidências da recuperação da área. As falas abaixo, obtidas em respostas sobre a influência do empreendimento na paisagem, exemplificam essa perspectiva:

> Mexeu de uma forma positiva. Se a gente for ver as áreas de propriedade [da Eletronuclear], a gente tem aquela retomada toda da vegetação numa área que já estava bastante degradada. Na verdade, você não teve uma interferência direta, mas somente o fato de você retirar a presença humana permitiu (entrevistado nº 8, especialista em comunicação social, grifo nosso).

> Então, a gente vê as fotos dos anos 70, começo dos anos 80, e agora é muito mais florestado. O fato da usina ocupar e ser proprietária de uma área no entorno muito grande, maior que o sítio industrial dela, fez com que ela congelasse e a mata vai tomando. Não sei se você já percorreu a Trilha Porã. Lá em cima, desmancharam, tinha casa, tinha construções próximas. Então tinha morador ali e o pessoal caçava. Praticamente acabaram aqui na região com a juçara, que é o palmito famoso aqui, que agora

> é tombado, proibido de ser retirado naturalmente. Então isso com certeza afastou toda a fauna ou grande parte da fauna originária daqui. O empreendimento agora, no atual momento, depois da construção, depois do impacto onde está assentada a parte industrial e as vilas, ele recuperou aqueles morros, mesmo ali atrás da vila de Mambucaba, o sertão e o entorno mesmo da usina, está muito mais florestado agora, muito mais tomado pela mata, do que quando foi feito. Então, em termos de visual, de paisagem, o impacto que tem mesmo é só onde está agora o empreendimento e as vilas também. Mas acabou que no entorno, as encostas ali já foram... a mata retomou toda sua exuberância (entrevistado nº 12, especialista em planejamento urbano, grifo nosso).

Entretanto, registramos uma fala contrária a essa perspectiva dualista, que questiona o crescimento da cobertura vegetal obtido às custas da exclusão dos caiçaras de seu território. Essa fala, abaixo transcrita, exemplifica uma perspectiva não dualista de natureza e cultura (*sensu* CRONON, 1996), a partir da qual é possível pensar presença humana e conservação da biodiversidade como elementos que não se excluem mutuamente:

> Porque o *site* da Eletronuclear tinha a cara de pau de falar (acho que tinha até uma foto lá de Itaorna) de como que era Itaorna, que era uma vila de pescadores, que eram... Quer dizer, Itaorna é um lugar que perdeu total a identidade. Quer dizer, quem eram aquelas pessoas que moravam em Itaorna? Então, o *site* da Eletronuclear colocava uma foto de Itaorna, que tinha lá um monte de pescadores, tinha roça. Quer dizer, uma área que tinha uma série de usos ali e aí coloca que a área hoje está muito mais preservada porque não tem as roças dos moradores originários lá de Itaorna. Então, assim, é um absurdo! Eu não sei se isso já saiu do *site*, não sei se ainda tem lá... Mas assim, essa visão de que está tudo verdinho, então está tudo preservado, então está tudo bonito porque tem mata. E realmente tem uma mata super preservada ali no entorno, né. Mas é muita cara de pau dizer... Era um horror! Como se os moradores detonassem aquela área e com a usina aquilo está muito mais preservado. Então essa é a visão que o *site* passava de preservação (entrevistado nº 16, especialista em gestão socioambiental, grifo nosso).

A perspectiva não dualista e a fala desse último entrevistado se aproximam de conceitos como sociobiodiversidade e memória biocultural, que destacam a complexa e ampla gama de interações finas e específicas existentes entre uma cultura, os ecossistemas e a biodiversidade de um local, bem como as paisagens resultantes dessas interações (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2008). Nesse contexto, a exclusão dos caiçaras da área onde seria instalada a Central Nuclear não é "compensada" pelo crescimento da cobertura vegetal, pois sempre haverá a perda do componente cultural. Além disso, a perda desse componente afeta a

biodiversidade e a paisagem locais: de acordo com Cristina Adams (2000b), historicamente a subsistência caiçara baseou-se na agricultura itinerante de pousio florestal, na qual a rotação dos solos, ao invés das culturas, impede a propagação de pragas, doenças e plantas invasoras.

Provavelmente, o mosaico de áreas descampadas e vegetadas observadas em Itaorna e arredores no ano de 1966 (Figura 35) teve um passado dinâmico, com essas duas classes de cobertura sendo convertidas entre si. A retirada dos caiçaras levou à paralisação desse processo em algumas áreas, favorecendo apenas o crescimento da cobertura vegetal. Nesse período só é possível analisar a vegetação por meio de dados de cobertura do solo, pois não há levantamentos fitossociológicos disponíveis que permitam uma análise estrutural.

No caso da cobertura vegetal observada em nosso mapeamento de 2006 (Figura 42), há dois estudos florísticos realizados no entorno da Central Nuclear, um no fim da década de 1990 e outro no início dos anos 2000, que permitem uma análise da estrutura da vegetação.

O primeiro consiste num levantamento fitossociológico em áreas adjacentes à Praia Brava e Itaorna, inseridas em um mesmo fragmento de mata situado acima da BR-101[49] (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1999). Com a utilização do método de parcelas, foram amostrados 0,1ha em cada área. Nos 0,2ha amostrados foi registrado um total de 313 indivíduos arbóreos, pertencentes a 113 espécies. Ambas as áreas foram consideradas em bom estado de conservação, embora aquela próxima à Praia Brava tenha sido avaliada como melhor conservada. Por outro lado, a área perto de Itaorna foi classificada como floresta secundária em estágio avançado de sucessão. Em ambas predominavam árvores finas (80% dos indivíduos com até 20cm de diâmetro) e o dossel foi estimado em 20m de altura, com poucas árvores emergentes alcançando até 45m (89% e 3% dos indivíduos, respectivamente). As duas áreas foram classificadas na fitofisionomia floresta ombrófila densa, porém a mata de Praia Brava foi enquadrada na formação de terras baixas, enquanto a mata de Itaorna foi enquadrada na formação submontana.

[49] Numa escala de análise maior, podemos considerar que a Central Nuclear está envolta por um grande fragmento de Mata Atlântica, o qual se divide em setores norte e sul em função da BR-101.

No segundo estudo, o levantamento fitossociológico também foi realizado em áreas adjacentes à Praia Brava e Itaorna (MRS ESTUDOS AMBIENTAIS, 2005). Na primeira localidade a amostragem foi feita em uma única área, próxima àquela amostrada no estudo anterior. Na segunda localidade foram amostradas duas áreas a Leste daquela amostrada no outro estudo, sendo uma situada acima e outra abaixo da BR-101. Novamente foi utilizado o método de parcelas, tendo sido amostrado 1ha em cada localidade. Nos 2ha amostrados foi registrado um total de 2.328 indivíduos arbóreos, pertencentes a 236 espécies. Os dados obtidos em Itaorna foram agrupados e tratados em conjunto, o que foi possível devido à padronização do número de parcelas por área. Os autores observaram indícios de atividade humana tanto em Itaorna quanto em Praia Brava, mas a última foi considerada em melhor estado de conservação do que a primeira devido à presença de exemplares de árvores de porte elevado. Em ambas as localidades a fitofisionomia foi classificada como floresta ombrófila densa submontana.

Novamente foi observado o predomínio de árvores finas em ambas as áreas (80% dos indivíduos de Itaorna e 88% dos indivíduos de Praia Brava com até 25cm de diâmetro). Com relação ao dossel, foram observados três estratos bem definidos em ambas as áreas: o primeiro com até 10m de altura, compreendendo aproximadamente 75% dos indivíduos em Itaorna e 67% dos indivíduos em Praia Brava; o segundo com até 20m de altura, compreendendo cerca de 23% dos indivíduos em Itaorna e 30% dos indivíduos em Praia Brava; e o terceiro com até 32m, compreendendo aproximadamente 2% dos indivíduos em Itaorna e 3% dos indivíduos em Praia Brava. Quanto ao estágio sucessional, as áreas foram classificadas como capoeira e floresta secundária recente, respectivamente (MRS ESTUDOS AMBIENTAIS, 2005).

No fim da década de 2010, nessas mesmas áreas em Praia Brava e Itaorna, foi realizado um terceiro levantamento fitossociológico. Com o método de parcelas foram amostrados 0,02ha em Praia Brava e 0,04ha em Itaorna, sendo 0,02ha na área acima da rodovia e 0,02ha na área abaixo (VP ECOLOGIA EMPRESARIAL, 2019). Nos 0,06ha amostrados foi registrado um total de 93 indivíduos arbóreos, pertencentes a 48 espécies. Mais uma vez foi observado o predomínio de árvores finas em ambas as localidades (88% dos indivíduos de Itaorna e 85% dos indivíduos de Praia Brava com até 25cm de diâmetro). O dossel em Itaorna apresentou altura

média de 10m, com poucas árvores emergindo acima de 20m (11% dos indivíduos), enquanto em Praia Brava a altura média foi de 11m, sem árvores emergindo acima de 20m (o indivíduo mais alto observado tinha 18m). Com relação à sucessão ecológica, todas as áreas foram classificadas no estágio secundário médio. Embora a amostragem da VP Ecologia Empresarial tenha ocorrido nas mesmas áreas amostradas anteriormente pela MRS Estudos Ambientais, no levantamento mais recente as áreas foram classificadas apenas como floresta ombrófila densa, sem menção às formações específicas desta fitofisionomia.

A Tabela 6 apresenta uma síntese dos dados de estrutura da vegetação presentes nos estudos citados. As diferenças entre os números de indivíduos e de espécies arbóreas observados nos estudos estão diretamente relacionadas aos tamanhos das áreas amostradas. Com respeito ao diâmetro, à altura dos indivíduos e à altura do dossel, é pouco provável que as diferenças observadas sejam consequência do desenvolvimento da floresta ao longo do tempo. É mais provável que elas, assim como as diferenças entre os estágios sucessionais, sejam resultado da localização das parcelas amostrais. No levantamento feito pela MRS Estudos Ambientais (2005), foi relatada a existência de manchas de floresta em diferentes estágios sucessionais situadas lado a lado. Nesse cenário, pequenas alterações na localização das parcelas poderiam levar a resultados bem distintos para a estrutura da vegetação descrita em cada área.

No caso específico dos estágios sucessionais, além da localização das parcelas, há um outro fator que dificulta as comparações entre os estudos: as propostas de classificação da sucessão ecológica. Existem várias delas disponíveis, de modo que uma comparação mais segura entre os estágios passa por saber qual proposta de classificação foi utilizada em cada estudo. Entretanto, essa informação está disponível apenas em VP Ecologia Empresarial (2019); Natrontec Estudos e Engenharia de Processos (1999) e MRS Estudos Ambientais (2005) não informaram a proposta utilizada.

Tabela 6 – Estrutura da vegetação ao redor da Central Nuclear, Angra dos Reis (RJ), conforme levantamentos fitossociológicos realizados entre as décadas de 1990 e 2010.

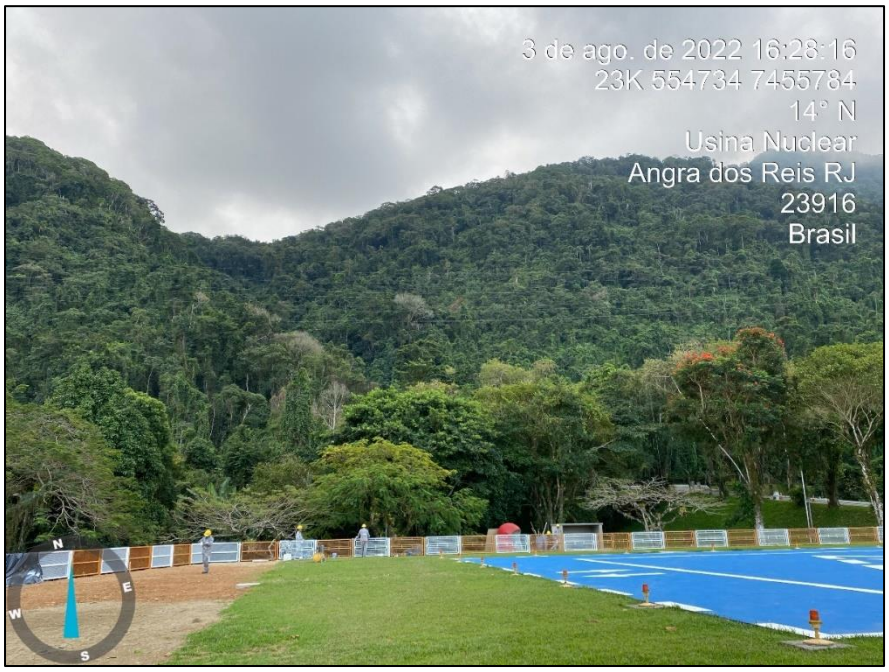
Fonte	Natrontec Estudos e Engenharia de Processos	MRS Estudos Ambientais	VP Ecologia Empresarial
Ano das amostragens	1999	2002	2018
Localidades amostradas	Praia Brava Itaorna (N)	Praia Brava Itaorna (NE/SE)	Praia Brava Itaorna (NE/SE)
Área total amostrada (ha)	0,2	2	0,06
Total de indivíduos registrados	313	2.328	93
Total de espécies registradas	113	236	48
Diâmetro predominante (cm)	≤ 20 ≤ 20	≤ 25 ≤ 25	≤ 25 ≤ 25
Altura dossel (m)	20 20	10/20[1] 10/20	10 11
Altura máxima dos indivíduos (m)	45 45	32 32	18 25
Fitofisionomia	FOD[2] terras baixas FOD submontana	FOD submontana FOD submontana	FOD FOD
Estágio sucessional	- Secundário avançado	Secundário recente Capoeira	Secundário médio Secundário médio

[1] Dossel composto por três estratos, porém com a maioria dos indivíduos (> 95%) concentrada nos dois primeiros.
[2] FOD – Floresta ombrófila densa.

Fonte: o autor, a partir de dados de Natrontec Estudos e Engenharia de Processos (1999), MRS Estudos Ambientais (2005) e VP Ecologia Empresarial (2018a,b; 2019).

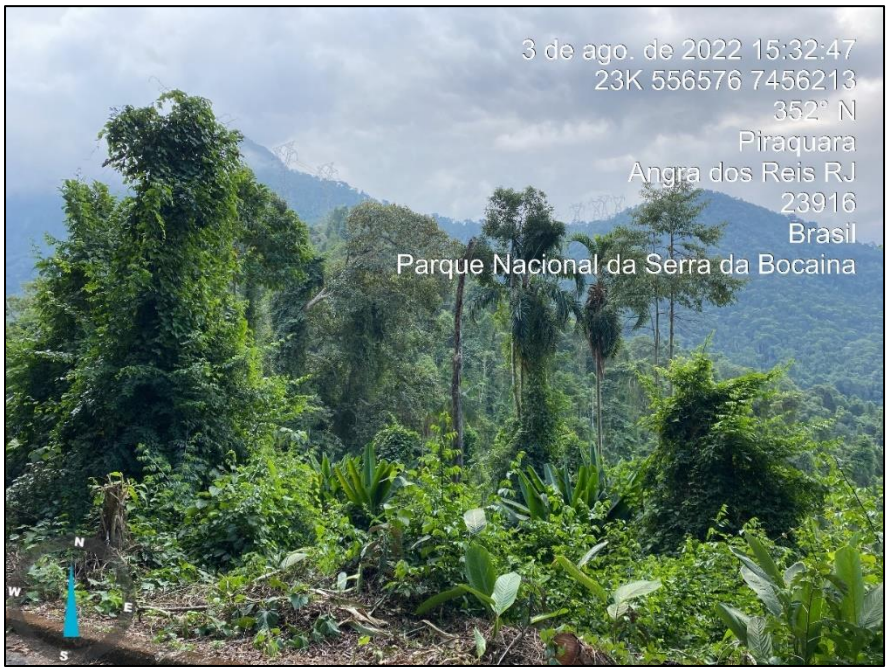
Apesar das diferenças quantitativas entre os parâmetros de estrutura da vegetação registrados nos três levantamentos fitossociológicos no entorno da Central Nuclear, os dados permitem definir um aspecto geral para as matas estudadas: predomínio de árvores finas e dossel com poucos indivíduos emergentes. Durante nosso trabalho de campo, esse aspecto foi confirmado e incluímos mais uma característica que nos pareceu relevante: a grande abundância de trepadeiras herbáceas epifitando as árvores (Figuras 44 e 45). Este conjunto de características nos sugeriu que a regeneração da floresta em alguns pontos da Piraquara de Fora, de Itaorna e Praia Brava parece estar estagnada.

Figura 44 – Aspecto geral da floresta em regeneração na vertente sul das encostas de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), em 2022.



Fonte: o autor.

Figura 45 – Exemplo de árvores densamente epifitadas por trepadeiras no morro entre Itaorna e Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), em 2022.



Fonte: o autor.

Esse aspecto geral pode corresponder ao clímax antrópico (ou antropogênico) observado por Rogério Ribeiro Oliveira (2002) em matas estabelecidas sobre antigas roças caiçaras na Ilha Grande, Angra dos Reis. Nesse estágio sucessional, as formações secundárias se desenvolvem muito lentamente, com estrutura e composição florística particulares. Rogério Oliveira concluiu que o clímax antrópico parece ser a principal marca da atividade agrícola dos caiçaras sobre a paisagem florestada e que sua permanência deve durar um longo tempo após o fim da intervenção humana sobre o meio. As condições peculiares de restrição do uso do solo devido à instalação da Central Nuclear tornam as matas próximas ao empreendimento um cenário propício para uma futura investigação, mais aprofundada, sobre a sucessão ecológica em antigas roças caiçaras. Também seria interessante buscar vestígios de produção carvoeira nessas matas, o que evidenciaria a sobreposição espacial de duas paisagens energéticas distintas.

Outro fator que contribui para o aspecto geral das matas estudadas é o crescimento descontrolado das trepadeiras. Numa revisão da literatura sobre a ecologia dessas plantas na região tropical, Gillian Paul e Joseph Yavitt (2011) observaram casos em que a proliferação de trepadeiras após distúrbios antrópicos e/ou naturais pode: (1) paralisar ou desviar a trajetória da sucessão ecológica; (2) impedir ou reduzir o crescimento das árvores; (3) prejudicar ou retardar a regeneração da floresta, limitando suas chances de recuperação após um distúrbio. Uma compreensão mais ampla da sucessão ecológica e da regeneração florestal nas antigas roças caiçaras ao redor da Central Nuclear também passa por um estudo da influência das trepadeiras nesse processo.

Por fim, destacamos as possíveis relações entre movimentos de massa e sucessão ecológica no entorno da Central Nuclear. A literatura sugere que cicatrizes erosivas geradas por movimentos de massa funcionam como clareiras que potencializam o efeito de borda, responsável pela degeneração do sistema florestal. Essa degeneração, por sua vez, aumenta os riscos de novos movimentos (COELHO-NETTO, 1999). A importância do sistema florestal para a prevenção dos movimentos de massa foi constatada em um estudo realizado em morros próximos ao centro de Angra dos Reis e na Ilha Grande (OLIVEIRA *et al*., 2012). Contudo, os autores observaram que essa prevenção está relacionada à sucessão ecológica:

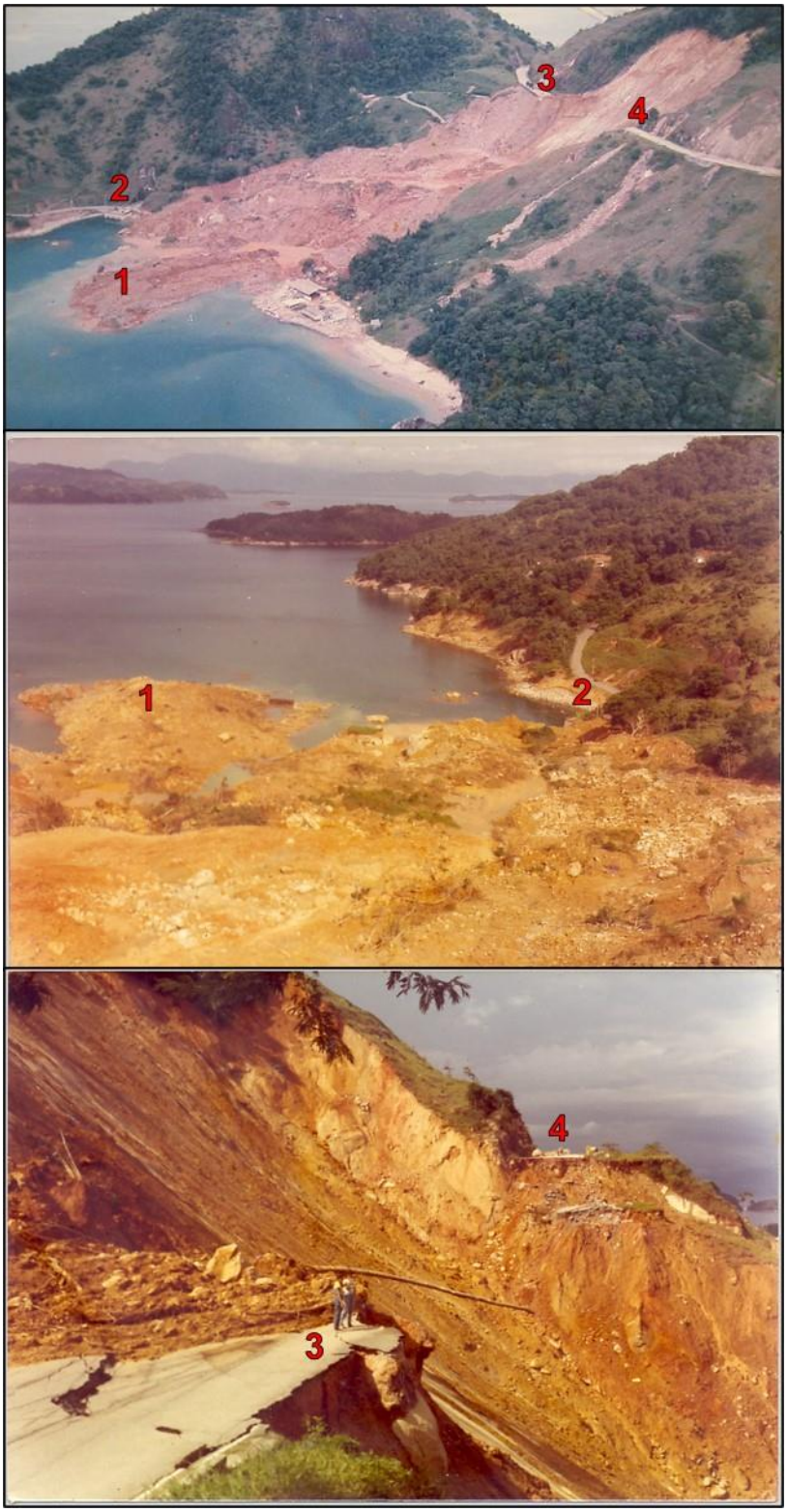
estágios climáxicos conferem maior estabilidade às encostas do que estágios sucessionais iniciais e médios.

Analisando o mapeamento elaborado por Ana Carolina de Souza Ferreira (2016), observamos que parte considerável das encostas de Praia Brava, Itaorna e Piraquara de Fora foi enquadrada nas categorias de maior suscetibilidade aos movimentos de massa. Nas bases de dados do Serviço Geológico do Brasil e da Defesa Civil de Angra dos Reis, a autora encontrou cerca de uma dezena de registros recentes de movimentos de massa nessas três localidades.

Ao longo dos últimos 10 anos, durante nossos deslocamentos rotineiros no entorno da Central Nuclear, pudemos observar os efeitos de alguns movimentos nas encostas acima e abaixo da Rodovia BR-101. Entretanto, nenhum deles se assemelha em magnitude ao grande deslizamento ocorrido na Piraquara de Fora em 1985, que destruiu um trecho da BR-101 e o Laboratório de Radioecologia de Furnas, quase obstruiu o ponto de saída do sistema de resfriamento de Angra 1, e alterou a linha de costa local (Figuras 46 e 47).

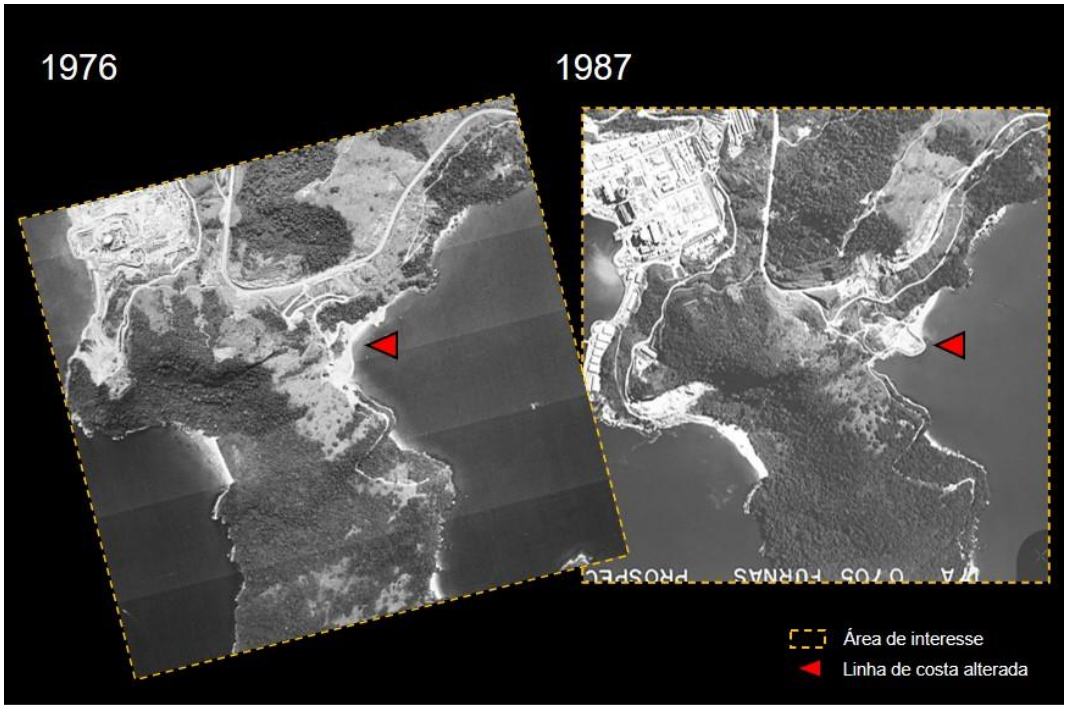
Portanto, é possível que a estagnação da regeneração florestal e as alterações na trajetória sucessional observadas nas encostas no entorno da Central Nuclear contribuam para uma maior suscetibilidade aos movimentos de massa nessas áreas. Por sua vez, esses movimentos dificultam a regeneração da floresta e o avanço nos estágios sucessionais. Uma melhor compreensão das relações entre os movimentos de massa e a sucessão ecológica em Praia Brava, Itaorna e Piraquara de Fora passa pela realização de estudos específicos.

Figura 46 – Grande deslizamento na Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), em 1985. Destaque para a formação de um pequeno aterro (1), o ponto de saída da água de resfriamento de Angra 1 (2), e a Rodovia BR-101 (3-4).



Fonte: o autor, a partir de dados de Lacerda (1985) e de autor desconhecido (1985).

Figura 47 – Piraquara de Fora, Angra dos Reis (RJ), em dois momentos da instalação da Central Nuclear. Destaca-se a alteração da linha de costa em função do deslizamento de 1985.



Fonte: o autor, a partir de dados da Central Elétrica de Furnas (1976; 1987).

Além dos movimentos de massa provocarem transformações na paisagem, de modo geral (*e.g.* reduzindo a cobertura vegetal, criando áreas descampadas, destruindo estradas e construções), eles também afetam, de forma específica, a paisagem energética da Central Nuclear. Por exemplo: se o grande deslizamento da Piraquara de Fora tivesse obstruído a saída da água de resfriamento de Angra 1, o reator teria que ser desligado e a usina desconectada do sistema elétrico. Devido aos impactos que os movimentos de massa podem causar à operação da Central Nuclear, desde 1978 Furnas/Eletronuclear monitoram alguns trechos de encosta mais suscetíveis à movimentação ao redor do empreendimento (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2013). Um dos nossos entrevistados, familiarizado com o licenciamento da Central Nuclear, ressaltou a importância desse monitoramento no contexto das mudanças climáticas globais, devido à maior probabilidade de volumes extremos de precipitação na região (entrevistado nº 15, especialista em física nuclear).

No início da década de 2010, por ocasião da unificação das licenças ambientais de Angra 1 e Angra 2, o Ibama determinou que também fossem monitoradas encostas ao longo da BR-101, dentro da área de planejamento de emergência, de modo a garantir condições de trafegabilidade na rodovia em caso de acidente nuclear (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2013). Essa determinação veio atender a uma antiga preocupação da população e das autoridades locais com relação ao uso da rodovia como rota de fuga (ver seção 3.3). Por todo o exposto, observa-se que a nuclearidade de Itaorna confere aos movimentos de massa no entorno da Central Nuclear um significado único.

Diferentemente do observado na área de interesse de Itaorna, onde a maior parte da área de uso urbano corresponde ao sítio industrial e constitui a paisagem energética da Central Nuclear, na área de interesse Mambucaba a área de uso urbano corresponde basicamente às residências, ao comércio e serviços necessários, direta e indiretamente, ao funcionamento do empreendimento energético. Pela definição de Martin Pasqualetti e Sven Stremke (2018), Mambucaba não faz parte da paisagem energética da Central Nuclear, porém entendemos que elas devem ser analisadas em conjunto, devido às conexões fundamentais que se estabelecem entre essas paisagens.

Ao serem perguntados sobre os efeitos da Central Nuclear no desenvolvimento de Angra dos Reis, dois de nossos entrevistados, um especialista em comunicação social e um especialista em geografia, deram respostas bastante ilustrativas sobre as conexões existentes entre as áreas de interesse de Mambucaba e Itaorna:

> Pelo lado econômico, a gente tem toda a cadeia de valor que gera ali; o fato de você ter uma população com padrão de consumo muito acima do restante do município. Então você tem uma demanda por serviços e consumo também de bens que você não tem no restante do município. Por exemplo, você tem lá no Perequê[50] um Boticário que fatura mais do que o Boticário do shopping do centro de Angra.
>
> É, porque você tem ali, sei lá, 1.500 pessoas que trabalham... Funcionários da Eletronuclear são uns 1.200, mas você bota os

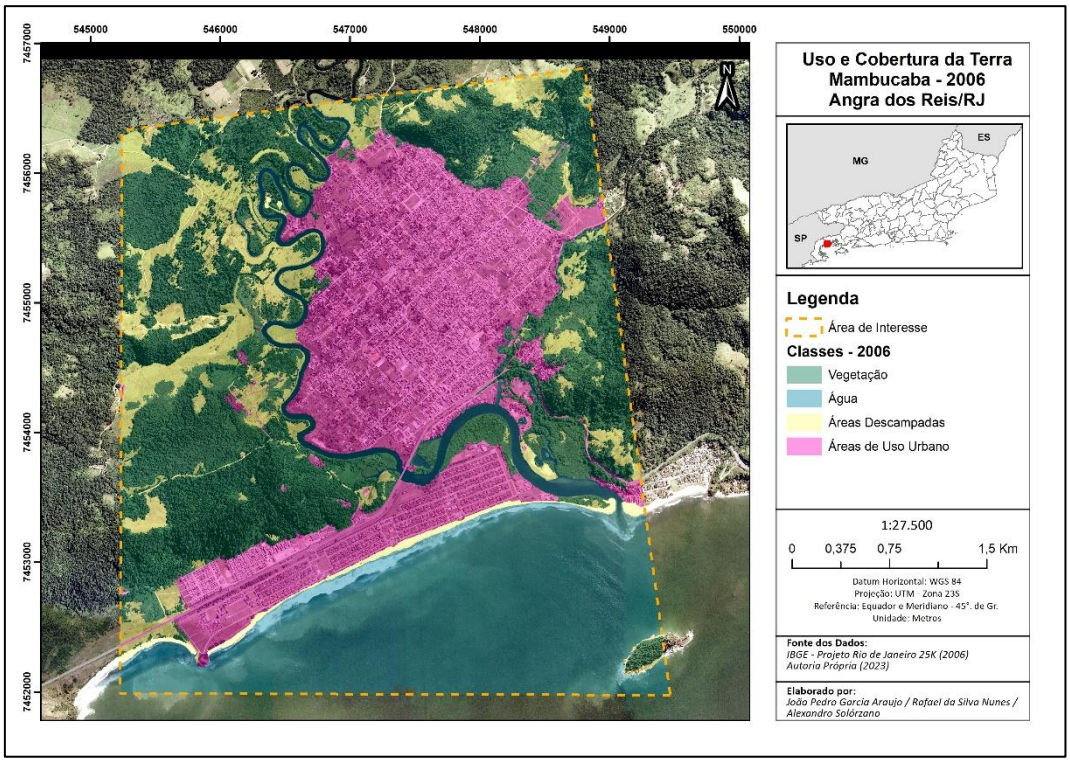
[50] Para muitos moradores e frequentadores da região, os limites entre os bairros do Parque Mambucaba e Parque Perequê não são claros. É comum que essas pessoas usem o nome Perequê para se referir ao conjunto da área urbana ocupada pelos dois bairros.

> contratados, você tem um universo de gente ali que você não tem no restante do município. Aí você acaba tendo esse efeito de desenvolvimento ali. A gente agora está num processo lá que você tem muita gente aposentando, aí muita gente [está] investindo em comprar casa. Você gera uma especulação imobiliária ali. Por exemplo: uma casa no Perequê é muito cara, se você for comparar com os padrões dos outros lugares ali. É muito caro uma casa no Perequê. Um aluguel ali é muito caro. Enfim... Então você tem esse efeito econômico ali. Se você for ver, por exemplo, o Perequê vive em função da usina. Setenta, oitenta porcento [da população] dali vivem em função do consumo dos empregados da usina e dos contratados, prestando serviço para os empregados e contratados. Praticamente todo aquele universo ali gira entorno do dinheiro que a usina coloca ali. E coloca indiretamente, não só através de programas, mas através de salário mesmo. As pessoas tendem a gastar ali perto (entrevistado nº 8, especialista em comunicação social, grifo nosso).

> Então tem uma grande contribuição, porque hoje tem muita família que conta com o trabalho nas paradas, com trabalho duas vezes ao ano, o que ocorre é tipo uma renda fixa em função dessa dinâmica. Por exemplo, a ARS [Assessoria de Responsabilidade Socioambiental da Eletronuclear], em tempos de pandemia, comprou máscaras de cooperativas do entorno [da Central Nuclear]. Então tem uma contribuição com essa dinâmica do crescimento socioeconômico sim. Disso eu não tenho a menor dúvida! Não só por esses trabalhos diretos quanto naqueles que é difícil mensurar, que vai na ótica do indireto. Por exemplo, pessoal de serviços domésticos, aquele pessoal que faz salgadinho, faz docinho, faz bolo. Então tem uma dinâmica, e é muito interessante quando você passa, por exemplo, pelo Perequê, você observa (isso é coisa de geógrafo, né?) onde tem placa tipo: "Vendo Avon", "Faço bolo", "Faço salgadinho", "Aceito encomenda de algodão doce". Então com certeza existe uma dinâmica, que essa lógica de um trabalho indireto, ele está vinculado a um público que tem um poder aquisitivo muito maior do que aquele "não Eletronuclear", digamos assim (entrevistado nº 6, especialista em geografia, grifo nosso).

A construção das vilas residenciais da Central Nuclear (Mambucaba, Operária, Consag e Madezatti) e o crescimento dos bairros Parque Mambucaba e Parque Perequê foram os principais fatores para o estabelecimento de 512,15ha de áreas de uso urbano na área de interesse de Mambucaba em 2006. Em 1966 essas áreas não existiam. A Rodovia BR-101, os bairros Boa Vista e Vila Histórica de Mambucaba também contribuíram para o crescimento do uso urbano, porém de forma muito menos significativa (Figura 48, Tabela 7).

Figura 48 – Uso e cobertura da terra na área de interesse de Mambucaba, limite entre os municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ), em 2006.



Fonte: Araujo, Nunes e Solórzano (2023e).

Tabela 7 – Classes de uso e cobertura da terra na área de interesse de Mambucaba, limite entre os municípios de Angra dos Reis e Paraty (RJ), em 1966 e 2006.

Ano	1966	2006	1966	2006
Classe de cobertura	Área (ha)	Área (ha)	Percentual	Percentual
Vegetação	1.088,93	617,79	80,88	45,89
Áreas descampadas	257,45	216,44	19,12	16,08
Áreas de uso urbano	0	512,15	0,00	38,04
Total	1.346,38	1.346,38	100,00	100,00

Fonte: Araujo, Nunes e Solórzano (2023c,e).

Entre 1966 e 2006 houve redução tanto na vegetação quanto nos descampados, cujas áreas passaram de 1.088,93ha para 617,79ha e de 257,45ha para 216,44ha, respectivamente. Nossos resultados indicam que o Parque Mambucaba (incluindo a Vila Madezatti) e o Parque Perequê se estabeleceram sobre os três grandes descampados existentes a leste do Rio Mambucaba e sobre as

áreas vegetadas próximas a eles. A Vila Residencial de Mambucaba se estabeleceu sobre a faixa de vegetação herbácea-arbustiva com influência marinha abaixo da BR-101, enquanto as vilas Operária e a Consag se estabeleceram sobre uma área descampada e um trecho de mata de encosta acima da rodovia. Na margem oeste do Rio Mambucaba, no bairro Chapéu do Sol, a vegetação se fragmentou e os descampados cresceram. Atualmente observamos nessa localidade pastos ativos e abandonados (Figura 49). A comparação dos mapas também revelou o crescimento de vegetação sobre áreas descampadas, como, por exemplo, na porção leste da Vila Residencial de Mambucaba próximo ao rio, porém esse tipo de conversão não foi suficiente para equilibrar a perda de cobertura vegetal ocorrida entre os anos analisados.

Figura 49 – Pastos observados no Chapéu do Sol, distrito de Tarituba, Paraty (RJ), em 2022.

Fonte: o autor.

Para a área de interesse em Mambucaba, não encontramos levantamentos fitossociológicos que permitissem uma análise estrutural da vegetação, seja em 1966 ou em 2006. Contudo, durante o trabalho de campo, pudemos observar nas matas de encosta do Chapéu do Sol, Paraty (RJ), um aspecto geral similar àquele

observado na área de interesse de Itaorna: árvores finas, dossel descontínuo e abundância de trepadeiras herbáceas. Em algumas encostas observamos manchas de áreas descampadas em meio à vegetação (Figuras 50 e 51).

Nas áreas planas, além dos pastos já mencionados, observamos também plantações de palmito-pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) (Figura 52), espécie nativa da região amazônica, que vem sendo cultivada no vale do Rio Mambucaba pelo menos desde o início dos anos 2000 (SOCIEDADE CIENTÍFICA DA ESCOLA NACIONAL DE CIÊNCIAS ESTATÍSTICAS, 2002a).

Nossas observações foram coerentes com o mapa de uso e ocupação do solo elaborado pela Sociedade Científica da Escola Nacional de Ciências Estatísticas (2002b), que indica o predomínio de pastagens e pastos sujos combinados com vegetação secundária (capoeiras) em diferentes estágios sucessionais nas áreas mais planas do Chapéu do Sol. Essas capoeiras se estendem pelas encostas locais, onde, nas porções mais altas, fazem limite com manchas de floresta ombrófila densa submontana (SOCIEDADE CIENTÍFICA DA ESCOLA NACIONAL DE CIÊNCIAS ESTATÍSTICAS, 2002b).

Como nossas fontes (documentais e entrevistados) não apontaram a presença de roças caiçaras no vale do Rio Mambucaba, questionamos um trabalhador rural do Chapéu do Sol sobre o uso do fogo na área. Natural do Piauí, o senhor nos relatou que vive em Angra dos Reis há cerca de 40 anos; que até aproximadamente 30 anos atrás as queimadas eram comuns nas propriedades rurais de Mambucaba e o fogo entrava nas matas. Ele atribui a redução das queimadas à fiscalização do Ibama.

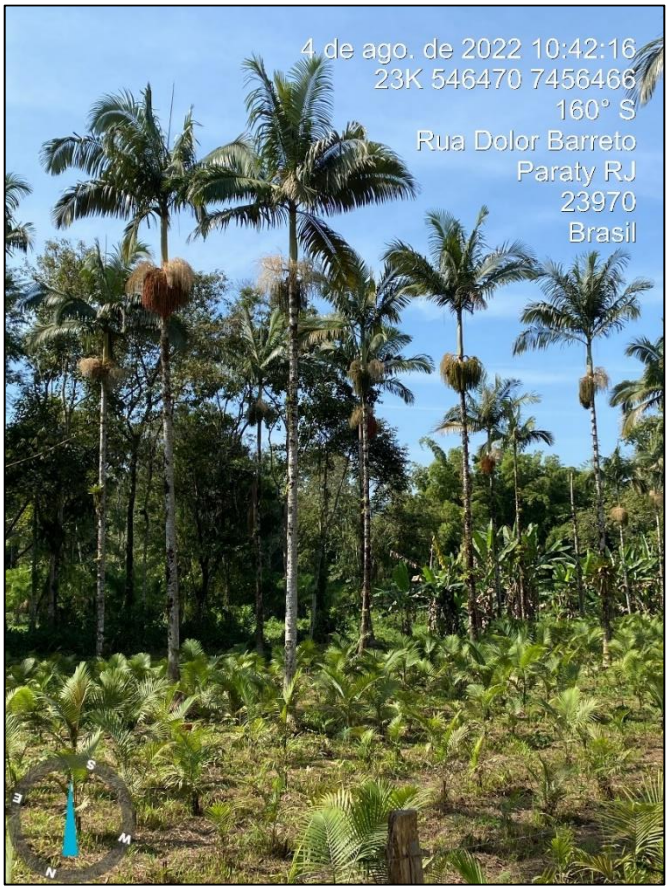
Figura 50 – Aspecto geral das matas de encosta observadas no Chapéu do Sol, distrito de Tarituba, Paraty (RJ), em 2022.

Fonte: o autor.

Figura 51 – Exemplo de árvores densamente epifitadas por trepadeiras no Chapéu do Sol, distrito de Tarituba, Paraty (RJ), em 2022.

Fonte: o autor.

Figura 52 – Palmital observado no Chapéu do Sol, distrito de Tarituba, Paraty (RJ), em 2022.



Fonte: o autor.

Com base nas observações de Gillian Paul e Joseph Yavitt (2011) sobre o crescimento descontrolado de trepadeiras após diferentes tipos de distúrbio, é possível inferir que o uso do fogo, associado ao abandono de pastos, seja um dos fatores explicativos para a abundância de trepadeiras observada na área de interesse de Mambucaba. Entretanto, assim como em Itaorna, uma investigação mais aprofundada se faz necessária para compreender a sucessão ecológica em Mambucaba.

Durante nossa visita à Boa Vista, bairro vizinho ao Parque Perequê e Parque Mambucaba, observamos a presença de bananeiras (Figura 53). De acordo com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (1983), entre o final dos anos 1970 e início dos anos 1980, havia produção comercial de bananas em áreas próximas à Vila Histórica de Mambucaba, localidade situada nos limites de nossa área de interesse

e vizinha à Boa Vista. Em nossas entrevistas obtivemos também um registro de bananicultura no Parque Mambucaba durante o início da década de 1980. Um especialista em licenciamento nuclear deu o seguinte depoimento:

> Eu conheci o Perequê[51] como uma fazenda. A gente ia ao Perequê pra fazer coleta ambiental [para monitoração de Angra 1]. Era onde a gente pegava aipim, pegava banana, pegava hortaliças, era uma grande fazenda que acabou, né?
>
> [entrevistador questiona se literalmente era uma fazenda grande ou se eram pequenos sítios]
>
> Eu acho que eram coisas pequenas, porque eu lembro que tinha um fornecedor que fornecia pra gente aipim, tinha um fornecedor que fornecia banana, entendeu? Eu acho que não era como tem aquela fazenda enorme... Ai, esqueci... Perto do Frade... Grataú! Não é como uma Grataú, eram mais produtores locais mesmo (entrevistado nº 10).

Esse depoimento é corroborado por Rogério Ribeiro Jorge (2005), que esteve em Mambucaba entre 1994 e 1998, quando observou poucos fragmentos de mata nativa, muitos vestígios de queimadas recentes e o predomínio de bananais. Esses últimos eram cultivados em pequenas posses e intercalados por barracos esparsos, frágeis, com aparência de provisórios. O autor avaliou que essas posses correspondiam a uma ocupação recente, com no máximo 15 anos, de modo que os bananais deveriam datar da primeira metade da década de 1980.

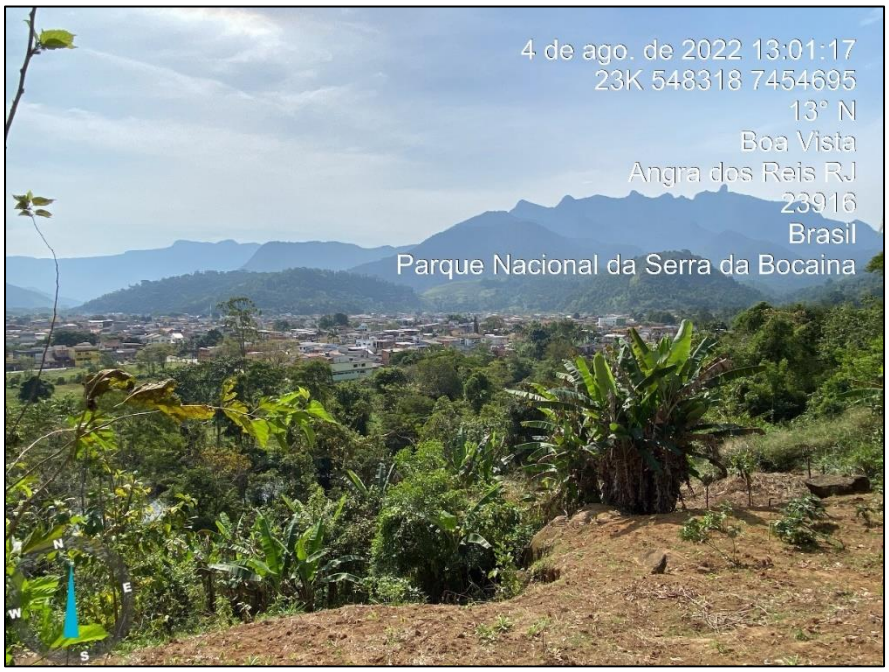
Com relação à produção, Rogério Jorge (2005) registrou dois grandes compradores para as bananas de Mambucaba, sendo o principal deles um depósito de frutas na cidade do Rio de Janeiro, que revendia as bananas para feirantes cariocas. O autor observou ainda que parte da produção era destinada à fabricação de doce de banana e à venda nas margens da Rodovia BR-101. É interessante notar que as observações de Jorge foram feitas durante o declínio da bananicultura em Angra dos Reis: entre 1974 e 1995 a produção média anual do município era de 11.653 toneladas de banana; já entre 1996 e 2021 esse valor caiu para 3.207t (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2023d).

Diferentemente do que ocorreu na área de interesse de Itaorna, onde as transformações da paisagem decorrentes da instalação da Central Nuclear tornaram os bananais um legado ecológico das roças caiçaras, em Mambucaba, eles se

[51] Ver nota nº 50 sobre a equivalência dos nomes Perequê, Parque Mambucaba e Parque Perequê.

mantiveram na paisagem com sua função original (produção comercial de frutas), a despeito do surgimento de uma significativa área de uso urbano na localidade.

Figura 53 – Bananeiras observadas na Boa Vista, distrito de Mambucaba, Angra dos Reis (RJ), em 2022. No centro destaca-se a ocupação do vale do Mambucaba.



Fonte: o autor.

Se na área de interesse de Itaorna os movimentos de massa são importantes agentes transformadores da paisagem, afetando inclusive a paisagem energética da Central Nuclear, em Mambucaba, devido às condições geográficas do vale, esse fenômeno não tem a mesma importância. Nessa última região, um dos agentes não humanos mais relevantes para a transformação da paisagem são os rios Mambucaba e Perequê, que determinam os espaços que podem ou não ser ocupados com segurança pela população, através de seu regime hidrográfico, da erosão fluvial e das enchentes.

Luiz Miguel Stumbo Filho e colaboradores (2018) analisaram a evolução do loteamento do Parque Mambucaba entre 2005 e 2016 e constataram que 47% dos lotes localizam-se em áreas sujeitas a inundações, incluindo setores com média e alta densidade populacional. De acordo com modelos matemáticos, o litoral sul do Rio de Janeiro é a região do estado com maior ocorrência de chuvas extremas

(LIMA *et al*., 2021) e aquela que apresentará os maiores aumentos nos níveis de precipitação devido às mudanças climáticas globais (SILVA *et al*. 2014). Caso as previsões desses modelos se revelem corretas, os impactos dos rios sobre o Parque Mambucaba podem se agravar nas próximas décadas.

As enchentes reportadas na bibliografia foram corroboradas por nossas entrevistas. Ao responder sobre os efeitos da Central Nuclear na paisagem, um de nossos entrevistados disse:

> Por outro lado, você gera um crescimento urbano muito grande ali [no entorno da Central Nuclear] e aí você vai causando outros problemas, que se agravam principalmente porque você não tem política pública de ocupação do espaço. Você vê que a cada ano as enchentes lá no Perequê pioram. Esse ano tinha gente com água no pescoço, tinha cavalo em cima de laje... Tudo isso aí é influência da ocupação da beira dos rios ali (entrevistado nº 8, especialista em comunicação social, grifo nosso).

Adicionalmente, durante a realização de atividades não relacionadas a esta tese, ouvimos relatos de membros da Associação dos Pescadores Profissionais e Amadores do 4º Distrito de Angra dos Reis sobre a gravidade da enchente ocorrida em abril de 2022, quando eles utilizaram seus barcos para resgatar pessoas ilhadas em edificações próximas ao rio. De acordo com os pescadores, a Associação vem atuando voluntariamente nessas situações há anos, o que evidencia a extensão do problema.

Além do levantamento fitossociológico realizado em Praia Brava e Itaorna, em 2002 a MRS Estudos Ambientais (2005) também fez um diagnóstico da vegetação herbácea-arbustiva com influência marinha presente na Praia de Batanguera e na extremidade leste da Praia de Mambucaba, próximo à foz do rio. Em ambas as praias os autores observaram a presença de amendoeiras (*Terminalia catappa* L.), espécie exótica distribuída por todos os estados brasileiros, e um padrão de zonação da vegetação em função da distância relativa ao mar. Havia uma primeira faixa, ainda sob influência das marés, composta por espécies psamófilas-reptantes; seguida por uma faixa arbustiva, composta basicamente pelo marmeleiro-da-praia (*Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub.), acompanhado de herbáceas e trepadeiras (em Mambucaba o marmeleiro-da-praia dividia espaço com indivíduos de *Senna pendula* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S.Irwin & Barneby, conhecida vulgarmente como fedegoso); por fim, havia uma terceira faixa composta por

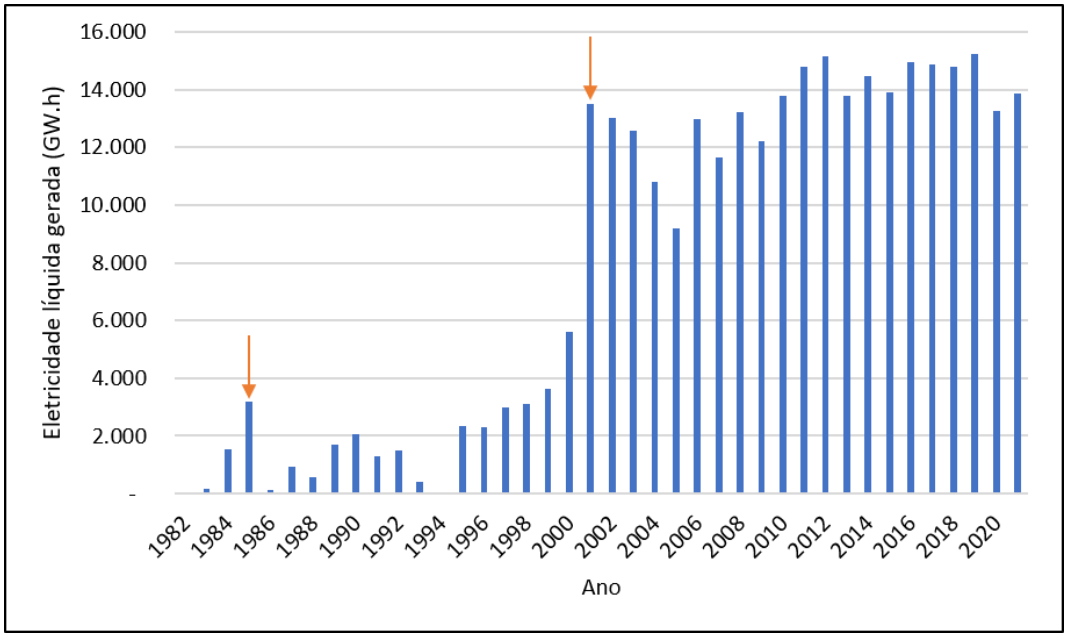
espécies arbóreas de mata de restinga. Essa última faixa se encontrava muito degradada na Batanguera, onde predominavam gramíneas daninhas (*Urochloa* sp. P. Beauv., *Imperata brasiliensis* Trin. e *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs) e as poucas árvores presentes encontravam-se isoladas em meio ao capinzal. Já em Mambucaba a degradação dessa faixa era menor e havia efetivamente uma mata. Foi observada uma diferença na extensão de cada faixa de vegetação entre as praias, sendo aquelas da Batanguera mais largas do que as de Mambucaba. Pela foto da década de 1970 (Figura 37), essa fisionomia devia se espalhar por todo o terreno onde foi construída a Vila Residencial de Mambucaba.

Após essas considerações sobre a transformação da paisagem em geral no entorno da Central Nuclear, vamos nos debruçar especificamente sobre a paisagem energética criada por esse empreendimento.

Dados da International Atomic Energy Agency (2023) revelam que entre 1982 e 2021 a Central Nuclear de Angra dos Reis gerou 315.445GW.h líquidos[52] de eletricidade. O valor anual variou entre 41,45GW.h e 15.224,11GW.h, sendo a média de 7.886,13GW.h (Figura 54). Analisando dados da Empresa de Pesquisa Energética (2022), constata-se que nesse período, dependendo do ano, o empreendimento foi responsável por 0,02% a 4,11% de toda a energia elétrica gerada no Brasil, sendo a média anual de 1,75%. A representatividade desses percentuais deve ser avaliada levando-se em consideração as áreas ocupadas pela Central e demais lugares do ciclo do combustível nuclear (retomaremos esse ponto no próximo capítulo), bem como a quantidade de combustível necessária à geração termonuclear.

[52] A energia elétrica líquida já considera as perdas ocorridas em transformadores e o consumo elétrico de unidades auxiliares que são considerados parte integrante da planta (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2023). Trata-se, portanto, da energia que é efetivamente lançada na rede de transmissão elétrica.

Figura 54 – Geração de energia elétrica líquida pela Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ) entre 1982 e 2021 (as setas indicam o início da operação comercial das unidades 1 e 2, respectivamente).



Fonte: o autor, a partir de dados da International Atomic Energy Agency (2023).

Na tipologia das paisagens energéticas de Pasqueletti e Stremke (2018), a Central Nuclear tem sua qualificação substantiva baseada no urânio físsil e situada no espectro da alta densidade energética. A partir de dados de consumo anual de urânio pelos reatores das duas usinas entre 2008 e 2021 (ELETRONUCLEAR, 2011–2017; 2019–2021), calculamos que a energia liberada pela fissão nuclear ocorrida nessa paisagem variou entre $3{,}16 \times 10^{15}$J e $4{,}94 \times 10^{15}$J, com uma média de $3{,}90 \times 10^{15}$J por ano[53]. Após todas as etapas do processo de conversão, a eletricidade gerada a partir do urânio nesse período variou entre 12.223,57GW.h e 15.224,11GW.h, com média anual de 14.160,37GW.h (Tabela 8).

Embora a energia total contida no urânio físsil seja duas a três ordens de grandeza menor que aquela contida nos hidrocarbonetos movimentados pelo Tebig, é preciso destacar que a massa de urânio é sete ordens de grandeza menor que a massa de hidrocarbonetos. Portanto, a qualificação da paisagem da Central Nuclear

[53] De acordo com Vaclav Smil (2008), o conteúdo energético do U^{235} é de $8{,}20 \times 10^{12}$J/kg. Contudo, esse valor não pôde ser utilizado em nossos cálculos de energia, pois o combustível das usinas nucleares de Angra dos Reis é constituído por pastilhas de UO_2 com percentual variável do isótopo U^{235}. Assim, o conteúdo energético que utilizamos foi calculado a partir de dados empíricos de urânio físsil (ELETRONUCLEAR, 2011–2017; 2019–2021) e o valor obtido foi de $2{,}80 \times 10^{12}$J/kg.

no espectro da alta densidade energética se deve à relação conteúdo energético/massa de combustível (urânio físsil) e não apenas à massa de combustível que circula pela paisagem.

Tabela 8 – Energia contida no urânio físsil e eletricidade gerada pela Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ) entre 2008 e 2021.

Ano	Área Central Nuclear (ha)	Urânio físsil[1] (t)	Energia[2] (J)	Eletricidade líquida (GW.h)
2008	143,6	1,76	$4,94x10^{15}$	13.208,56
2009	143,6	1,65	$4,62x10^{15}$	12.223,57
2010	143,6	1,67	$4,67x10^{15}$	13.774,16
2011	143,6	1,50	$4,21x10^{15}$	14.794,74
2012	143,6	1,57	$4,38x10^{15}$	15.170,41
2013	143,6	1,44	$4,02x10^{15}$	13.780,06
2014	143,6	1,46	$4,08x10^{15}$	14.463,39
2015	143,6	1,23	$3,45x10^{15}$	13.891,62
2016	143,6	1,13	$3,16x10^{15}$	14.970,46
2017	143,6	1,23	$3,44x10^{15}$	14.854,33
2018	143,6	1,25	$3,49x10^{15}$	14.786,95
2019	143,6	1,31	$3,68x10^{15}$	15.224,11
2020	143,6	1,15	$3,23x10^{15}$	13.244,36
2021	143,6	1,16	$3,25x10^{15}$	13.858,44

[1] Valores para o período de 2008 a 20014 calculados a partir da quantidade de urânio (U_3O_8).
[2] Valores para os períodos de 2008 a 2014 e 2018 a 2021 calculados a partir da massa de urânio físsil (UO_2) e de seu conteúdo energético.

Fonte: o autor, a partir de dados da Eletronuclear (2011–2017; 2019–2021) e International Atomic Energy Agency (2023).

De acordo com a Eletronuclear (2012b), a área total ocupada pela Central Nuclear é de 143,6ha. Os elementos mais característicos dessa paisagem, os edifícios dos reatores, foram apresentados anteriormente nesta seção, assim como dois outros elementos bastante conspícuos: o quebra-mar e a saída do sistema de água de resfriamento. Esse último, nos lembra que o mar também é fundamental para essa paisagem energética, pois fornece a água que entra e recebe o efluente que sai do sistema de resfriamento. A geração termelétrica em Angra depende de

grandes volumes de água salgada, uma média anual de aproximadamente $3{,}33x10^9m^3$[54], sem os quais se tornaria inviável.

Há ainda um elemento que poderia ser considerado uma paisagem energética por si só: a Subestação de Angra (Figura 55). Apesar de estar situada dentro da propriedade da Eletronuclear, a Subestação pertence à Central Elétrica de Furnas, que é responsável por sua manutenção e operação. Ela responsável por transformar e controlar a tensão da corrente elétrica gerada pelas usinas nucleares, permitindo que a energia seja lançada no Sistema Interligado Nacional (SIN). Além disso, também alimenta as usinas, garantindo seu funcionamento. A Subestação se conecta ao SIN por meio de três linhas de extra alta tensão, duas delas com destino à região metropolitana do Rio de Janeiro e uma com destino ao Vale do Paraíba paulista. Uma quarta linha, de média tensão, permite a distribuição da energia em localidades próximas à Central Nuclear (CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS, 2006). A Subestação é, portanto, um elemento que conecta a paisagem energética da Central Nuclear às paisagens das linhas de transmissão[55].

Ainda que invisíveis aos observadores externos, os reatores são elementos com alto grau de dominância, qualificando espacialmente a Central Nuclear como uma entidade. A Resolução Cnen 09/69, com seus preceitos de área de exclusão e zona de baixa população, deixa claro que outros usos do solo não são possíveis no entorno imediato do empreendimento, exceção feita à Vila Residencial de Praia Brava e às estruturas de apoio da Eletronuclear. A regeneração da vegetação na área de interesse de Itaorna, relatada anteriormente nesta seção, é consequência dessa restrição de uso do solo na propriedade da Eletronuclear. A área ocupada pela Central Nuclear e pela vila residencial (184,28ha) é muito menor que a propriedade conferida à empresa na época da instalação do empreendimento (931,71ha). Assim, a maior parte da área não ocupada ficou sujeita à regeneração natural da cobertura vegetal.

[54] Valor obtido para o período entre 2014 e 2021, com base em dados publicados nos relatórios da Eletronuclear (ELETRONUCLEAR, 2015; 2017; 2020; 2022b).

[55] Assim como no caso dos dutos para hidrocarbonetos, mais informações sobre paisagens energéticas de linhas de transmissão podem ser obtidas em Araujo e Solórzano (2021, p. 5-6).

Figura 55 – Usinas nucleares com a Subestação de Angra em primeiro plano, Angra dos Reis (RJ), 2001.

Fonte: Eletronuclear (2001).

Além dos reatores, a Unidade de Armazenamento Complementar a Seco de Combustível Irradiado (Figura 56) também é um elemento da paisagem da Central Nuclear com alto grau de dominância espacial. Ainda que ela não implique na criação de uma área de exclusão, pois envolve apenas o decaimento radioativo e não a fissão nuclear autossustentada, ela demanda controle e limitação de acesso, blindagem adequada para o material irradiado, facilidade para saída em caso de emergência, entre outros requisitos previstos na Norma Cnen NE 5.02 (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2003). Portanto, mesmo sem uma área de exclusão ao seu redor, a UAS impede outros usos do solo no local onde está instalada.

A formação da paisagem energética da Central Nuclear começou em 1970, com a construção de Angra 1. Contudo, devido aos longos intervalos entre a elaboração do projeto, a execução das obras e o início da operação de cada usina, consideramos que essa paisagem ainda está em formação. Esse processo terminaria apenas com um desfecho para Angra 3, seja ele a conclusão das obras ou o abandono definitivo do projeto.

Figura 56 – Unidade de Armazenamento Complementar a Seco de Combustível Irradiado, Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ), 2021.

Fonte: Eletronuclear (2022a).

A primeira criticalidade do reator de Angra 1, em 1982, foi um marco importante, pois conferiu à paisagem um alto grau de nuclearidade. Já a primeira criticalidade de Angra 2 não alterou esse grau, porém garantiu sua extensão temporal. Considerando as vigências atuais das autorizações de operação emitidas pela Cnen, essa paisagem energética continuará num alto grau de nuclearidade até 2041. Entretanto, caso ocorra a extensão da vida útil de Angra 2 ou o início da operação Angra 3, esse grau de nuclearidade poderá se prolongar até a década de 2060.

O destino do combustível irradiado é outro aspecto relevante para a qualificação temporal da paisagem energética da Central Nuclear. Se mantida a atual política de armazenamento desse material nos sítios de usinas nucleares, teremos uma extensão da nuclearidade dessa paisagem para além da década 2040, podendo chegar até a década de 2100 com a operação de Angra 3. Nesse caso, contudo, se houver apenas armazenamento de combustível irradiado, sem a geração termonuclear, ocorrerá também uma redução no grau de nuclearidade (ver seção 3.3 para detalhes).

A qualificação temporal da paisagem energética de usinas nucleares pode variar. Quando ocorrem acidentes graves, são criadas zonas de exclusão[56] e temos paisagens com alto grau de permanência e irreversíveis. O acidente de Chernobyl, por exemplo, criou uma zona de exclusão de aproximadamente 4.300km², abrangendo três países, onde as medidas de controle para lidar com a contaminação radioativa impedem o desenvolvimento normal de atividades agrícolas e industriais e têm altos custos financeiros. No interior dessa zona, as ruínas da usina Chernobyl-4 contêm 180t de combustível usado altamente radioativo e precisam ser mantidas dentro de uma estrutura de contenção especial, com monitoração contínua (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2001).

Embora a probabilidade de ocorrência de acidentes seja inerente à operação de usinas nucleares, acidentes graves como Chernobyl são raros, aconteceram apenas quatro vezes em reatores civis comerciais (ROSE; SWEETING, 2016). A maioria dos reatores que chegaram ao fim da sua vida útil e/ou foram desativados não causou transformações irreversíveis na paisagem. Adicionalmente, de acordo com a United States National Regulatory Comission (2018), a maioria dos planos de descomissionamento apresentados pelas concessionárias das usinas americanas preveem que os sítios sejam entregues ao público para uso irrestrito.

Considerando que licenciamento nuclear brasileiro se inspira no dos EUA e que o Brasil está submetido a recomendações da International Atomic Energy Agency (2018) com essa mesma tendência, é possível que o plano de descomissionamento da Central Nuclear permita à paisagem retornar a um estado similar àquele observado antes da instalação do empreendimento. Se essas condições forem atendidas, a paisagem energética da Central Nuclear será qualificada como dinâmica e reversível. Por outro lado, se houver a decisão de manter o combustível irradiado na UAS, mesmo após o descomissionamento das usinas, a paisagem será permanente e irreversível[57].

[56] Zonas de exclusão são criadas como uma medida mitigatória após acidentes nucleares, enquanto áreas de exclusão são criadas como uma medida protetiva para a operação de reatores nucleares.

[57] A permanência e a irreversibilidade resultantes do armazenamento controlado de combustível irradiado são distintas daquelas resultantes de um acidente nuclear grave. No primeiro caso, o descomissionamento bem feito pode alterar essa qualificação temporal. No caso de acidentes graves essa qualificação é efetivamente inalterável.

Cabe, porém, uma ressalva sobre o que seria a similaridade em relação ao estado anterior ao empreendimento. Após as transformações socioespaciais sofridas por Angra dos Reis (e por Paraty, em menor escala) na segunda metade do século XX, o desmantelamento e a remoção dos elementos que compõem as paisagens da Central Nuclear liberariam terrenos à beira-mar, com extensas áreas planas para os padrões locais. É difícil imaginar que eles não seriam cobiçados pelo capital turístico-imobiliário, que atua intensamente na região desde a abertura do trecho Rio-Santos da BR-101, como apontou Guanziroli (1983).

Convém lembrar que os terrenos desapropriados em nome de Furnas no município de Paraty provavelmente estavam destinados à especulação imobiliária. Não fossem as vilas residenciais da Central Nuclear, cedo ou tarde esses terrenos seriam ocupados, de forma legal ou ilegal. Ramon Fortunato Gomes e colaboradores (2017) nos trazem um exemplo muito próximo: depois de tentativas de ocupação regular em 1990 e no ano 2000, a Prainha de Mambucaba, vizinha à Praia de Batanguera, foi loteada e totalmente ocupada nas últimas duas décadas, sem que houvesse plano urbanístico, propriedade da terra definida e cumprimento da legislação ambiental.

Se após o descomissionamento das usinas e da UAS, a Eletronuclear entregasse sua propriedade em Angra dos Reis sem restrições decorrentes do uso pretérito como instalação nuclear, seguramente haveria também uma enorme pressão para privatização e incorporação dos terrenos ao mercado imobiliário. No contexto político e socioeconômico atual, é praticamente impensável que esses terrenos voltassem a ser ocupados por comunidades caiçaras. Portanto, o retorno da paisagem a um estado similar àquele existente antes do empreendimento deve ser entendido aqui como uma possibilidade teórica, pois na prática teríamos uma terceira paisagem, diferente da paisagem energética e daquela que a precedeu. Nesse caso, a reversibilidade seria efetivamente apenas uma capacidade de uso do solo irrestrito após o fim da paisagem energética.

Ainda sobre a reversibilidade, há outro aspecto a ser considerado: o valor histórico da Central Nuclear como primeiro (e talvez único) empreendimento do seu tipo no Brasil. Pode não fazer sentido incluir a Central num conjunto de monumentos arquitetônicos do Brasil colonial e imperial, como defende Aline

Vieira de Carvalho (2009), mas faz sentido incluí-la no patrimônio industrial[58] nacional, estadual e/ou municipal. Nesse contexto, o descomissionamento da Central Nuclear não deveria incluir o desmantelamento das instalações; pelo menos as mais simbólicas, como o edifício do reator, deveriam permanecer com sua aparência original.

Carlos Gonzalvo e colaboradores (2018) discutiram o tema a partir do caso da Usina Nuclear Vandellòs 1, localizada em Tarragona (Catalunha, Espanha). Eles questionam se realmente deve haver desmantelamento total das estruturas após o descomissionamento, argumentando que além do alto custo financeiro, a localização e a arquitetura característica dos edifícios dessa usina foram incorporados à memória coletiva local e, portanto, não deveriam ser eliminados da paisagem. No caso de Vandellòs 1, essa importância paisagística se confirmou com a inclusão de dois de seus edifícios no Registro DOCOMOMO Ibérico[59]. Como alternativa ao desmantelamento, os autores sugerem essas estruturas poderiam ser recicladas para outros usos industriais ou reutilizadas em novas funções.

No Brasil, temos pelo menos um caso bem sucedido de reaproveitamento de paisagem energética: a usina termelétrica a carvão Candiota I. Localizada no município de Candiota (RS), essa usina operou entre 1961 e 1974, depois passou quase quarenta anos em estado de abandono, até ser tombada como Patrimônio Industrial do Estado do Rio Grande do Sul em 2013. Finalmente foi reformada e transformada em um centro cultural (SILVA, 2018). Apesar das peculiaridades do descomissionamento de uma instalação nuclear devido às eventuais necessidades de descontaminação radioativa (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2018), de modo geral, Candiota pode servir de exemplo para o reaproveitamento da Central Nuclear de Angra dos Reis.

---

[58] De acordo com Nizhny Tagil (2003, p. 3), "O património industrial compreende os vestígios da cultura industrial que possuem valor histórico, tecnológico, social, arquitectónico ou científico. Estes vestígios englobam edifícios e maquinaria, oficinas, fábricas, minas e locais de processamento e de refinação, entrepostos e armazéns, centros de produção, transmissão e utilização de energia, meios de transporte e todas as suas estruturas e infra-estruturas, assim como os locais onde se desenvolveram actividades sociais relacionadas com a indústria, tais como habitações, locais de culto ou de educação".

[59] A Fundação Documentação e Conservação da Arquitetura e do Urbanismo do Movimento Moderno (DOCOMOMO) é uma organização internacional criada em 1990 para inventariar, divulgar e proteger o patrimônio arquitetônico do Movimento Moderno, reconhecendo-o como parte do patrimônio cultural do século XX (FUNDACIÓN DOCOMOMO IBÉRICO, 2013).

Nas qualificações adicionais, a paisagem da Central Nuclear se enquadra em dois estágios da cadeia de produção de energia. O enquadramento principal é na conversão para eletricidade, devido à geração termonuclear de Angra 1 e Angra 2, porém há um enquadramento secundário como depósito de rejeitos, devido ao armazenamento do combustível irradiado na UAS[60]. Com relação ao nível de independência energética, a Central Nuclear é uma paisagem importadora e exportadora. A importação se dá sob a forma de urânio, para abastecimento do reator, e de eletricidade, para o funcionamento dos equipamentos. A exportação também se dá sob a forma de eletricidade, porém para alimentar o SIN. Cabe ressaltar que há uma diferença de oito ordens de grandeza entre a eletricidade importada e exportada[61]. Por fim, o principal agente atuante no desenvolvimento da paisagem energética da Central Nuclear é o governo brasileiro, controlador da Eletronuclear.

Neste capítulo apresentamos três paisagens energéticas de Angra dos Reis: as matas carvoeiras, o Tebig e a Central Nuclear. A sincronia existente entre o declínio da primeira paisagem e a formação das outras duas pode ser considerada o reflexo local de uma tendência nacional e global observada entre a segunda metade do século XX e o início do século XXI: a redução da participação da lenha e do carvão vegetal (biomassa tradicional) e o aumento da participação do petróleo e urânio como fontes primárias de energia.

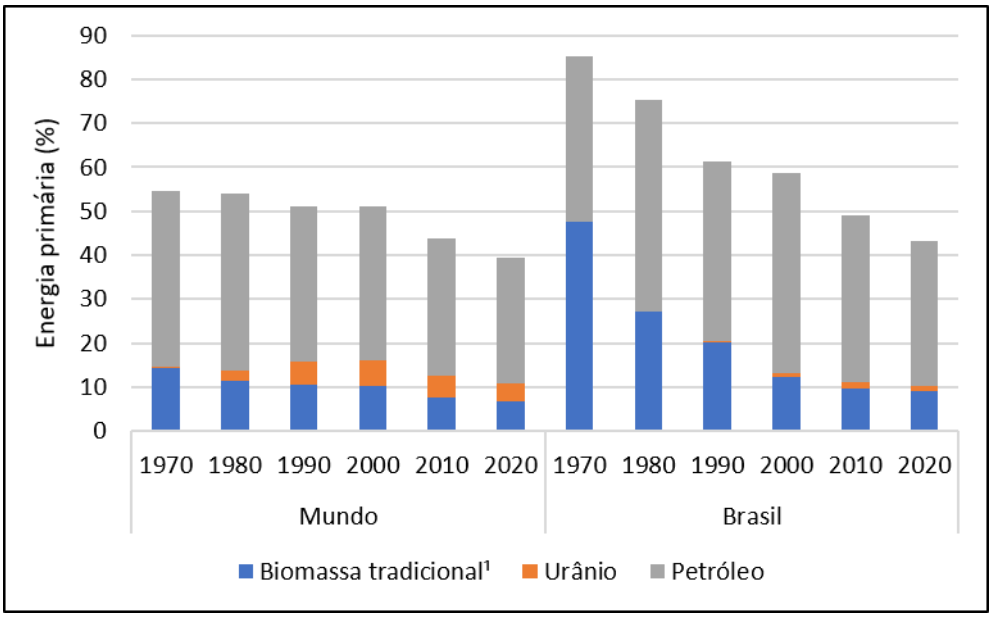
No Brasil, a redução da participação da biomassa tradicional e o aumento da participação do urânio ocorreu com cerca de 30 anos de atraso em relação ao cenário global. A variação da participação do petróleo no período analisado, por sua vez, apresentou-se similar nos dois cenários (Figura 57). É interessante notar que essas variações na composição da matriz energética estão sempre associadas à transformação da paisagem e à formação de paisagens energéticas nas mais

[60] A Política Nuclear Brasileira faz uma clara distinção entre combustível usado e rejeito radioativo, com a esperança de que no futuro haja uma tecnologia disponível e acessível para aproveitar as grandes quantidades de energia contidas nesse combustível (BRASIL, 2018; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020). Contudo, entendemos que do ponto de vista prático o manejo desse material na Central Nuclear é muito similar ao manejo dos rejeitos, razão pela qual também classificamos a paisagem energética na cadeia de produção da energia como depósito de rejeitos.

[61] Diferença calculada para o período entre 2012 e 2016, com base em dados publicados nos relatórios da Eletronuclear (ELETRONUCLEAR, 2011–2017).

diferentes escalas geográficas. A tipologia de Pasqualetti e Stremke (2018) se revelou muito útil à compreensão desses processos formativos e transformativos.

Figura 57 – Contribuição de fontes de energia primária nos cenários global e nacional entre 1970 e 2020.



[1] No Brasil corresponde exclusivamente à lenha e ao carvão vegetal. No mundo inclui também outros materiais, como resíduos agrícolas.

Fonte: o autor, a partir de dados de Ritchie e colaboradores (2022) e da Empresa de Pesquisa Energética (2022).

Na Tabela 9 estão sintetizadas as principais características das paisagens energéticas angrenses que estudamos. A aparente contradição nas classificações quantitativas e qualitativas da densidade energética do Tebig e da Central Nuclear deve-se ao fato da última movimentar uma massa de combustível muito menor, porém com conteúdo energético muito maior, do que aquela movimentada pela primeira. Cabe ainda um comentário sobre a conexão entre paisagens energéticas. Parece óbvio afirmar que o Tebig se conecta com outras paisagens, uma vez que ele se localiza na etapa de transporte da cadeia produtiva da energia. Por essa lógica, também é óbvio afirmar que a Central Nuclear se conecta com outras paisagens, uma vez que o objetivo principal da conversão elétrica realizada por ela é alimentar o Sistema Interligado Nacional. Entretanto, existem outras conexões da Central

Nuclear, que eventualmente passam desapercebidas nas análises do setor elétrico, mas que a Geografia Nuclear busca resgatar em suas análises. Trata-se das conexões entre os lugares (e paisagens) do ciclo do combustível nuclear. É sobre este aspecto que nos debruçaremos no próximo capítulo.

Tabela 9 – Comparação entre algumas paisagens energéticas de Angra dos Reis (RJ).

Paisagem	Matas carvoeiras	Tebig	Central Nuclear
Localização (distrito)	Dispersa (todos?)	Jacuecanga (Angra dos Reis)	Itaorna (Cunhambebe)
Área (ha)	19.392[1]	125	143,6
Fonte energética	Lenha e carvão vegetal	Petróleo e derivados	Urânio físsil
Estágio na cadeia produtiva da energia	Extração	Transporte	Conversão elétrica (principal) Depósito de rejeitos (secundário)
Densidade energética (J)	$6{,}1x10^{13}$	$1{,}2x10^{18}$	$3{,}9x10^{15}$
Densidade energética (categoria)	Baixa	Intermediária	Alta
Infraestrutura de energia	Fornos de carvão	Tanques de estocagem e dutos	Usina termelétrica (principal) UAS (secundária)
Dominância	Componente	Entidade	Entidade
Permanência	Dinâmica	Dinâmica/Intermediária[2]	Dinâmica/Permanente[3]
Reversibilidade	Reversível	Reversível/Intermediária[2]	Reversível/Irreversível[3]
Conexão com outras paisagens	Não	Sim	Sim

[1] Valor médio para as áreas de matas dos estabelecimentos rurais do município no período de 1949 a 1970.
[2] A depender dos resultados do plano descomissionamento.
[3] A depender dos resultados do plano descomissionamento e do destino do combustível irradiado.

Fonte: o autor.

5 Conexões entre lugares do ciclo do combustível nuclear no Brasil

5. 1 Um breve histórico do contexto brasileiro

Em 1962, seis anos após a promulgação do decreto de criação da Cnen, foi estabelecido o monopólio da União sobre a pesquisa, a lavra e todo o beneficiamento de minérios nucleares localizados no território nacional (BRASIL, 1962). No início da década seguinte, o Governo Federal autorizou a Cnen a constituir a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear – CBTN, uma sociedade de economia mista vinculada ao MME, para atuar na área de minérios nucleares (BRASIL, 1971). A CBTN ainda seria rebatizada e reorganizada duas vezes: em 1974 ela se tornou Empresas Nucleares Brasileiras S.A. – Nuclebrás e depois, no fim da década de 1980, Indústrias Nucleares do Brasil S.A. – INB, sendo esta última sua designação atual (BRASIL, 1974; 1988). Sob o nome Nuclebrás, a empresa, juntamente com a Cnen, recebeu do Governo Federal exclusividade para exercer o monopólio sobre os minérios nucleares (BRASIL, 1982).

Além das alterações no direito de exploração de minérios nucleares, em 1982 ocorreram ainda três eventos marcantes para o ciclo do combustível nuclear no Brasil. No estado do Rio de Janeiro houve a primeira criticalidade do reator de Angra 1, já mencionada anteriormente, e a inauguração da Fábrica de Elementos Combustíveis, situada no Complexo Industrial de Resende[62], pertencente à Nuclebrás. Já no estado de Minas Gerais, no município de Caldas, foi inaugurado o Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, também de propriedade da Nuclebrás, empreendimento que deu início à produção de urânio no país (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2021).

Realizada sob a forma de lavra a céu aberto, a mineração no Complexo de Caldas durou até 1995, quando a exploração da mina se tornou economicamente inviável. Ao longo da vida útil desse empreendimento, foram lavradas 108,1Mt de

[62] Ao longo do tempo novas unidades produtivas entraram em operação no Complexo Industrial de Resende. Atualmente o conjunto dessas unidades é conhecido como Fábrica de Combustível Nuclear, nomenclatura que será utilizada ao longo do texto subsequente.

estéril e cerca de 2,3Mt de minério, das quais foram extraídas 1.030t de urânio (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2016a). Essa proporção entre estéril e minério evidencia um teor médio de urânio relativamente baixo nessa jazida, de aproximadamente 800ppm (HEIDER, 2009).

O combustível utilizado na primeira carga do reator de Angra 1 foi produzido nos EUA com urânio sul-africano. Esse material foi adquirido por Furnas na década de 1970, antes do início da operação do Complexo de Caldas (ELETROBRAS, 1980). Já os combustíveis da segunda e a terceira recargas de Angra 1 foram produzidos com urânio caldense, enriquecido na República Federal da Alemanha, e montados na Fábrica de Combustível Nuclear (POÇOS, 1988). Considerando a frequência de carregamento de 12 meses e a substituição de 33% do combustível por recarga (ELETRONUCLEAR, sem data), a produção de urânio do Complexo de Caldas seria suficiente para abastecer Angra 1 durante parte considerável de sua vida útil.

Entretanto, a retomada da construção de Angra 2 em 1994 significava que a demanda anual por urânio iria praticamente triplicar quando a nova usina entrasse em operação. Isso obrigou a Nuclebrás, já sob a forma das INB, a buscar novas minas em substituição a Caldas, cuja exploração se aproximava do limite de sua viabilidade econômica. A empresa optou então por explorar o Distrito Uranífero de Lagoa Real, localizado no sudoeste da Bahia. Conhecido desde a segunda metade da década de 1970, esse Distrito possuía mais de 30 áreas mineralizadas mapeadas, algumas delas com teor médio de urânio bem superior ao da mina de Caldas e com perspectivas de produção suficiente para atender as demandas das duas usinas nucleares (HEIDER, 2009). Além da qualidade e quantidade de minério, Lagoa Real também se mostrava atraente do ponto de vista econômico, pois a exploração poderia ser iniciada com investimentos relativamente baixos (PLANEJAMENTO AMBIENTAL E ARQUITETURA, 1997).

Assim, no fim de 1999, entrou em operação no município baiano de Caetité a Unidade de Concentração de Urânio das INB, um complexo composto por minas e planta de beneficiamento de minério. A Mina Cachoeira foi a primeira a ser explorada: até 2012 lá foram lavradas a céu aberto 15,10Mt de estéril e cerca de 1,67Mt de minério, com teor médio de urânio de aproximadamente 3.000ppm

(INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2013). Em 2015, após a produção de 3.750t de urânio, os recursos passíveis de lavra a céu aberto em Cachoeira se exauriram e a mineração em Caetité foi interrompida. A produção só seria retomada em 2020, com o início da exploração da Mina do Engenho, após as INB cumprirem uma série de exigências decorrentes dos processos de licenciamento nuclear e ambiental da Unidade de Concentração de Urânio (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2020; 2021).

Já a Fábrica de Combustível Nuclear começou a ser implantada em Resende, Região do Médio Paraíba fluminense, em 1977. Esse empreendimento foi projetado para reunir em um único local plantas de conversão, enriquecimento e reconversão de urânio, além da produção dos elementos combustíveis. A maior parte das obras civis do Complexo foi realizada até o início da década de 1980, porém as plantas acabariam por entrar em operação em momentos distintos. A primeira unidade da Fábrica de Combustível Nuclear foi inaugurada em 1982. Nela são produzidas e montadas todas as estruturas metálicas dos elementos combustíveis, bem como se encapsulam as pastilhas de dióxido de urânio (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b).

Assim como ocorrido com a mineração e o beneficiamento, a retomada de Angra 2 em meados da década de 1990 impactou outros estágios do ciclo do combustível nuclear no Brasil. Esse evento motivou as INB a aproveitar as estruturas já existentes em Resende para iniciar a implantação da segunda unidade da Fábrica de Combustível Nuclear, voltada para produção de pó e pastilhas de dióxido de urânio. Foi a oportunidade de nacionalizar outro estágio do ciclo do combustível até então realizado no exterior (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 1998). A segunda unidade da Fábrica entrou em operação em 2000, mesmo ano em que as INB assinaram um contrato de parceria com o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo para implementar no Complexo de Resende uma terceira unidade, destinada ao enriquecimento de urânio em escala industrial (ANDRADE, 2006).

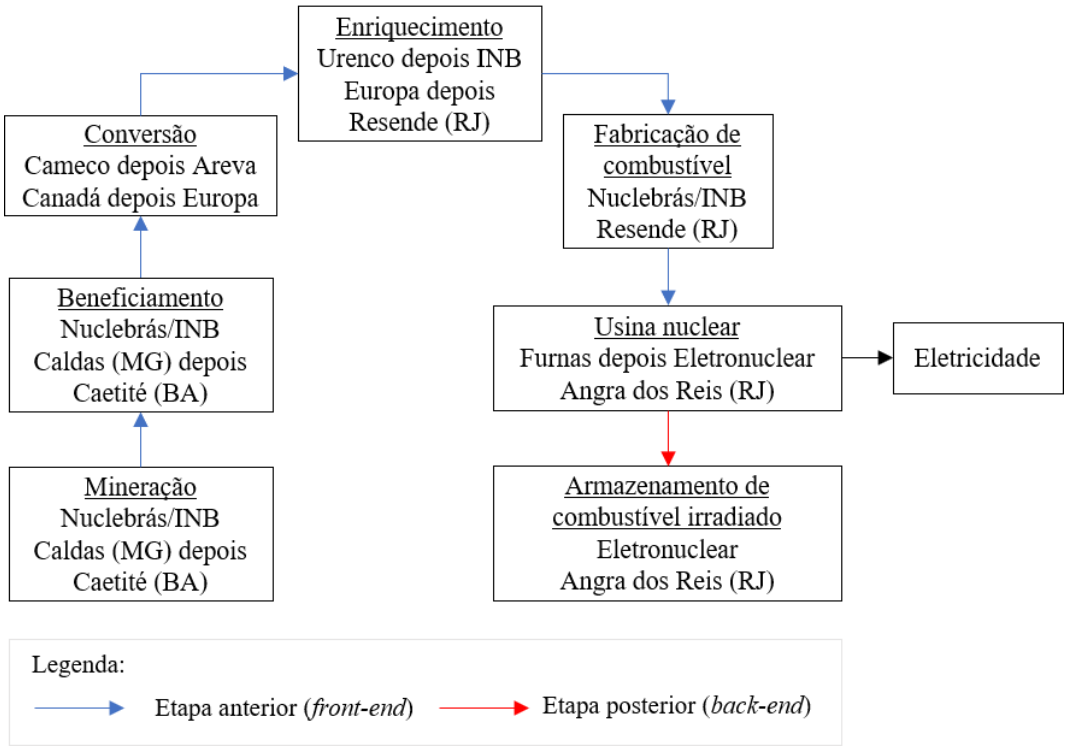
A implantação dessa última unidade foi planejada para ocorrer em duas fases: na primeira seriam instaladas 10 cascatas de ultracentrífugas, que juntas permitirão enriquecer até 70% do urânio necessário a uma recarga de Angra 1; na

segunda fase, com a conclusão do projeto, espera-se que a produção de urânio enriquecido pelas INB seja superior à demanda anual das usinas de Angra. Atualmente a empresa se aproxima do fim da primeira fase: em 2021 foi inaugurada a nona cascata, ficando a inauguração da décima prevista para 2023 (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2022).

A tecnologia de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação que vem sendo utilizada pelas INB foi totalmente desenvolvida no Brasil e sua aplicação representa a oportunidade de o país eliminar a dependência externa no estágio de maior valor agregado do ciclo do combustível nuclear (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2021). Aliás, com as três unidades em operação, o Fábrica de Resende passou a realizar todos os estágios do *front-end* do ciclo do combustível, exceto a conversão, que ainda é totalmente feita no exterior. Embora o Brasil domine a tecnologia de conversão em escala piloto, sua aplicação em escala industrial só será economicamente viável quando houver a expansão da capacidade de enriquecimento de urânio do país (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2010; INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2022).

Após esse breve histórico, resumimos o ciclo do combustível nuclear no Brasil na Figura 58. A seguir, de modo similar ao realizado para a Central Nuclear no terceiro e quarto capítulos, iremos identificar e relacionar elementos dos três domínios da teoria relacional que compõem atualmente os lugares da Fábrica de Combustível Nuclear e do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, e aplicaremos a tipologia de Pasqualetti e Stremke (2018) para qualificar suas respectivas paisagens energéticas. Ao longo desse processo analisaremos como os três lugares citados se conectam por meio do fluxo de seus elementos.

Figura 58 – Ciclo do combustível no Brasil.

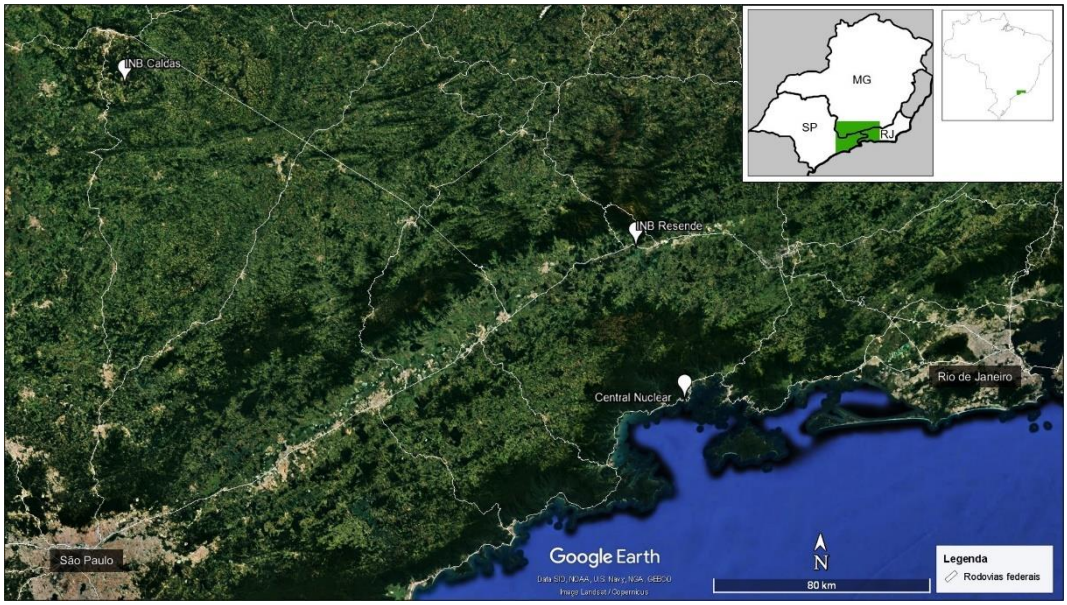


Fonte: o autor.

5. 2 Resende: um lugar onde se produz combustível

A jazida de urânio de Campo do Cercado, na qual foi instalado o Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, foi descoberta em 1970. Seis anos depois a Nuclebrás contratou uma empresa francesa para elaborar o projeto básico de exploração de minério e a decapagem do terreno em Caldas começou no ano de 1977 (CIPRIANI, 2002). Nesse momento, o local para instalação da primeira usina nuclear brasileira já havia sido escolhido e as obras do empreendimento iniciadas. Assim, um fator fundamental para a escolha do local da Fábrica de Resende foi sua posição intermediária entre os municípios de Caldas, a origem do urânio, e Angra dos Reis, o destino dos elementos combustíveis (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b), conforme ilustrado na Figura 59.

Figura 59 – Localização das instalações das Indústrias Nucleares do Brasil em Resende (RJ), Caldas (MG) e da Central Nuclear de Angra dos Reis (RJ).



Fonte: o autor.

Além da inserção estratégica na cadeia produtiva do ciclo do combustível nuclear, a posição da Fábrica de Resende também a deixava relativamente próxima aos principais centros de pesquisas nucleares do país: o Instituto de Pesquisas Radioativas, atual Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, localizado em Belo Horizonte; o Instituto de Energia Atômica, atual Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, localizado em São Paulo; o Instituto de Radioproteção e Dosimetria e o Instituto de Engenharia Nuclear, ambos no Rio de Janeiro. Esses centros e as grandes universidades dessas cidades eram potenciais fontes de recursos humanos e apoio técnico para a Fábrica (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b).

Outro fator relevante para a escolha do local da Fábrica de Combustível foi a disponibilidade de infraestrutura. Havia acesso terrestre em boas condições de conservação tanto pela Rodovia BR-116 (Rodovia Presidente Dutra) quanto pelo ramal Rio-São Paulo da Rede Ferroviária Federal. O local situava-se às margens da represa da Usina Hidrelétrica de Funil, o que significava disponibilidade hídrica e elétrica para a Fábrica. Ele também estava inserido no trecho industrializado do Médio Paraíba fluminense, à época centralizado na cidade de Volta Redonda,

favorecendo a aquisição de insumos e contratação de serviços (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b).

O Vale do Paraíba do Sul, onde se localiza a Fábrica de Combustível Nuclear de Resende, está entre as encostas da Serra do Mar e da Mantiqueira. Trata-se de uma região originalmente coberta por Mata Atlântica, mas que foi intensamente desmatada para cafeicultura a partir do fim do século XVIII. Com a decadência do café entre as décadas de 1930 e 1940 e o consequente abandono das lavouras, houve regeneração pontual da cobertura florestal. Na segunda metade do século XX, o êxodo rural se intensificou devido à industrialização regional; os antigos cafezais foram ocupados por pastagens, que viriam a dominar a paisagem do vale, e a pecuária se consolidou como importante atividade econômica. A acumulação dos efeitos do café e do gado nas mesmas áreas resultaram numa degradação ambiental que se mantém até a atualidade (BRASIL; QUINTEIRO; PENNA-FIRME, 2018).

A Fábrica de Combustível foi construída na localidade de Nhangapi, sobre uma área que estava altamente degradada pela construção da represa do Funil no início da década de 1960. Essa represa, um lago artificial cujo principal tributário é o Rio Paraíba do Sul, e o Ribeirão da Água Branca são os principais recursos hídricos superficiais na área da Fábrica. Esse ribeirão funciona tanto como fonte de captação de água quanto como corpo receptor para os efluentes líquidos industriais do empreendimento (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b).

Com relação à circulação atmosférica, há um efeito de canalização devido ao predomínio de ventos de Leste; há alta frequência de ventos calmos e pequena porcentagem de ventos de Norte e de Sul. Esses dois compartimentos do ambiente são de especial interesse no contexto da Fábrica de Combustível Nuclear, pois no projeto da segunda unidade os principais impactos previstos durante a fase operacional estão relacionados à emissão de efluentes líquidos e gasosos. Uma preocupação peculiar a esse empreendimento é a possibilidade de seus efluentes conterem radionuclídeos cuja liberação para o ambiente poderia expor pessoas à radiação. Essa exposição pode ser tanto externa, por meio do contato direto ou da proximidade com as partículas radioativas, quanto interna, por meio da ingestão ou

inalação dessas partículas. (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b).

Para identificar uma eventual liberação de radionuclídeos no futuro, antes do início da operação da primeira unidade da Fábrica de Combustível Nuclear foi realizada uma caracterização da atividade radioativa da região. Os resultados obtidos nesse trabalho indicaram se tratar de uma região com radioatividade natural normal, não havendo nenhum material ou local de amostragem que demandasse um monitoramento específico (AMARAL; REIS; LAURIA, 1988). Em condições operacionais normais espera-se que os sistemas de tratamento e filtragem da Fábrica retenham a grande maioria das partículas radioativas, de modo que nos efluentes líquidos e gasosos liberados as concentrações de radionuclídeos estejam dentro dos limites legais, evitando impactos ambientais significativos e riscos à saúde humana (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b).

Quando plantas envolvidas na produção do combustível nuclear são comparadas com usinas termonucleares, observa-se que nas primeiras os sistemas trabalham com temperaturas, pressões e energias potenciais muito menores. Nessas condições, as chances da operação normal se converter rapidamente em uma situação perigosa também são menores. Entretanto, o processamento de materiais físseis, tóxicos e solventes inflamáveis pode resultar em uma série de acidentes convencionais e nucleares nessas plantas (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1996).

No caso da segunda unidade da Fábrica de Combustível Nuclear, a análise de riscos e o planejamento de emergência preveem que os efeitos físicos e radiológicos do pior acidente postulado ficarão restritos a um raio de 450m em volta da unidade. Isso significa que eles ficarão circunscritos ao terreno ocupado pelo empreendimento, não atingindo as comunidades próximas, e que o principal grupo exposto a esse risco são os trabalhadores. Assim, o plano de emergência prevê a possibilidade de evacuação apenas na área da Fábrica (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b).

Se por um lado é necessário envolver os habitantes do entorno da Central Nuclear de Angra dos Reis no plano de emergência do empreendimento, para que as pessoas tenham acesso a informações básicas sobre sua atuação em caso de

acidente nuclear, por outro lado isso pode estimular uma sensação de medo em relação às usinas. Esse efeito "amedrontador" do planejamento de emergência não ocorre no caso da Fábrica de Combustível Nuclear devido à circunscrição espacial de seu plano de emergência.

De fato, durante a elaboração do EIA-RIMA da segunda unidade da Fábrica de Combustível foram realizadas entrevistas com cerca de 15% das 1.750 famílias que viviam em um raio de até 4km do empreendimento (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b). Foi observado que menos de 50% dos entrevistados sabiam da existência da Fábrica; dentre aqueles que sabiam, poucos conheciam as atividades desenvolvidas no local, reconhecendo apenas que lá se trabalhava com urânio. Devido ao desconhecimento, a maioria dos entrevistados alegou que a presença do empreendimento não causava qualquer tipo de transtorno. Aqueles que sabiam da existência da Fábrica na região citaram a possibilidade de aumento na oferta de empregos como o principal benefício local (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b).

Quase 20 anos após o EIA-RIMA foi realizada uma pesquisa de opinião com moradores de Resende e Itatiaia (245 e 72 respondentes, respectivamente). Ela revelou que a maioria dos moradores ainda não conhecia a Fábrica de Combustível Nuclear (56% em cada município). Apesar desse resultado, em Resende 55% dos respondentes consideraram o empreendimento seguro ou muito seguro; 17% o consideraram pouco ou muito pouco seguro; e 28% não opinaram. Já em Itatiaia esses percentuais foram, respectivamente, 60%, 23% e 17% (CEPOT PESQUISA DE MERCADO, 2015). É interesse notar que parte considerável daqueles que afirmaram não conhecer a Fábrica se posicionaram quanto à sua segurança.

As questões relativas aos efluentes e acidentes convencionais e nucleares remetem ao duplo licenciamento ao qual a Fábrica de Combustível sempre esteve submetida. De forma idêntica à Central Nuclear, o funcionamento da Fábrica depende de uma Autorização para Operação Permanente emitida pela Cnen e de uma Licença de Operação emitida pelo Ibama[63]. Nesse sentido, há elementos das relações sociais que atuam tanto no lugar da Central quanto no da Fábrica, como a

[63] Antes das alterações na legislação ambiental federal na década de 1980, o licenciamento ambiental da Fábrica de Combustível Nuclear era feito pela Feema.

Norma Cnen NE 1.04, que regulamenta o licenciamento de instalações nucleares (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2002), e a Lei Complementar nº 140/2011, que atribui à União o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades ligados à produção, beneficiamento, transporte e armazenamento de material radioativo ou que utilizem energia nuclear (BRASIL, 2011). A presença desses elementos em comum impõe restrições similares sobre o que é permitido e proibido fazer nos dois lugares.

Nas instalações do ciclo do combustível nuclear há interações físico-químicas entre partículas com diferentes níveis de radiação e componentes de diversos sistemas. Quanto mais alto o nível de radiação das partículas, maior o desgaste das componentes e menor a vida útil da instalação. Como os processos produtivos da Fábrica de Combustível envolvem partículas de baixo de nível de radiação, a princípio a vida útil desse empreendimento poderia ser estendida indefinidamente, desde que fossem feitas as manutenções e atualizações necessárias (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b). Entretanto, essa extensão de vida útil implicaria em adiar o descomissionamento das unidades produtoras do combustível nuclear.

Diferentemente da Central Nuclear, onde está armazenado temporariamente o combustível irradiado, material altamente radioativo, a Fábrica de Combustível abriga apenas rejeitos de baixa atividade, cuja meia meia-vida é da ordem de 30 anos (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2014). Durante o descomissionamento da Fábrica, será necessário transferir para um repositório final o material ativo que por ventura ainda esteja no local. Ao contrário do combustível irradiado, para o qual ainda não há uma definição sobre o reprocessamento ou a destinação final, os rejeitos de baixa e média atividade gerados em todo Brasil futuramente deverão ser encaminhados ao Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental – Centena, que está sendo projetado pela Cnen. O cronograma atual do Centena prevê o comissionamento do empreendimento em junho de 2025 (CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA NUCLEAR, 2020). Portanto, mesmo que ocorram atrasos significativos no cronograma, é razoável supor que o Centena poderia ser efetivamente utilizado para o descomissionamento das unidades do Fábrica de Combustível Nuclear.

O grau de nuclearidade do lugar da Fábrica de Combustível é baixo, especialmente se comparado ao grau da Central Nuclear. Essa diferença quantitativa contribui para que cada empreendimento estimule ou não uma sensação de medo nas populações que vivem em seu entorno. Esse fato pode ser exemplificado pelo comportamento da população presente nas audiências públicas de Angra 2 e da segunda unidade da Fábrica de Combustível Nuclear, realizadas em 1999 e 1998, respectivamente. No primeiro caso, os dois temas catalizadores da discussão foram o Plano de Emergência e a Rodovia BR-101, justamente por seu papel como rota de fuga (LEITE LOPES *et al*., 2004). Já no segundo caso, apenas uma das seis perguntas relativas à nuclearidade abordava acidentes nucleares, enquanto nas demais predominavam os temas rejeitos e efluentes radioativos (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 1998).

Além disso, no caso da Fábrica a nuclearidade está mais associada a uma perspectiva nacionalista que a uma perspectiva desenvolvimentista, como aquela observada na fase inicial da construção do lugar da Central Nuclear. Novamente, recorremos ao discurso de alguns agentes públicos envolvidos no projeto nuclear brasileiro para ilustrar a perspectiva nacionalista. Por exemplo, Aquilino Senra, professor universitário e ex-presidente das INB, afirmou que o desmonte do Programa Nuclear Brasileiro

> Só interessa aos países centrais. E é evidente que há interesses internacionais por trás disso, não confessados, mas há. Primeiro, são interesses comerciais. (...) A alguns países centrais não interessa que tenhamos essa capacidade tecnológica [nuclear] para que possam tentar vender serviços e tecnologia ao próprio Brasil (BALDEZ, 2018, não paginado).

Já o Almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva, coordenador do programa nuclear da Marinha que culminou no desenvolvimento das ultracentrífugas brasileiras, ao depor na CPI sobre o Programa Autônomo de Energia Nuclear afirmou:

> Ao invés de contar com tecnologia importada, trabalhamos forte na etapa mais crucial do ciclo do combustível nuclear, que é o enriquecimento. O dia quatro de setembro de 1982 é um marco histórico no desenvolvimento nuclear nacional: fizemos a primeira experiência de enriquecimento isotópico com material nacional e um equipamento usando a tecnologia corrente, ou seja, a tecnologia de ponta (BRASIL, 1990b, p. 57).

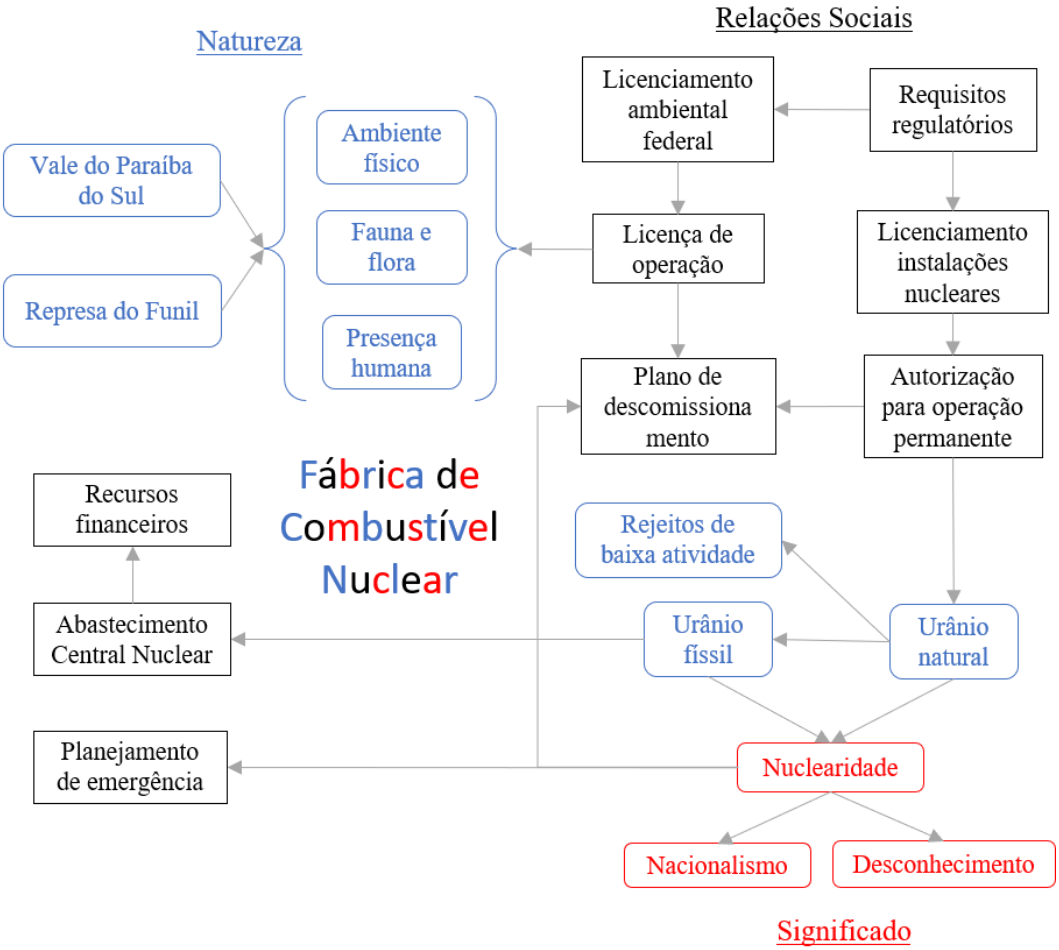
Por fim, o discurso proferido pelo Presidente José Sarney no fim da década de 1980 sintetiza a perspectiva nacionalista sobre a produção de combustível nuclear presente no discurso dos agentes públicos:

> Poucos países no mundo dominam a tecnologia do enriquecimento do urânio: somente nove e, agora, entre eles está o Brasil. E isto tudo foi conquista de brasileiros, foi feito por cientistas brasileiros, com recursos do País, e não devemos nada a ninguém. (BRASIL, 1987, p. 2).

A venda de combustível para a Central Nuclear e os recursos financeiros provenientes dessa transação são elementos fundamentais para a manutenção dos lugares do ciclo do combustível nuclear estruturados a partir de empreendimentos das INB. Atualmente a empresa está pleiteando junto ao Ministério da Economia sua saída do Orçamento Fiscal da União, o que lhe conferirá maior autonomia na gestão de seus negócios. Contudo, isso só será possível se as INB comprovarem sua autossuficiência financeira, a qual depende diretamente dos contratos de venda de combustível para as usinas de Angra dos Reis (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2022). Como as INB controlam da mineração à produção dos elementos combustíveis, os recursos financeiros obtidos por meio da produção da Fábrica de Resende também impactam as demais unidades da empresa.

A partir da exposição acima, mapeamos os principais elementos e interações dentro e entre os domínios para caracterizar o lugar da Fábrica de Combustível Nuclear (Figura 60).

Figura 60 – Estrutura do lugar da Fábrica de Combustível Nuclear na década de 2020.



Fonte: o autor.

Para a caracterização da paisagem energética da Fábrica de Combustível, os dados da literatura foram complementados pelas observações diretas e informações obtidas com os funcionários das INB que nos guiaram durante o trabalho de campo.

A propriedade das INB em Resende está dividida em Área Norte, onde se encontram as instalações fabris e administrativas da Fábrica de Combustível Nuclear, e Área Sul, onde predomina a cobertura florestal. No fim da década de 1970, quando as INB iniciaram a implantação do empreendimento, a Área Norte era um canteiro de obras abandonado e a Sul eram antigos pastos sobre morros.

Entre 1998 e 2017 as INB cederam a Área Sul em comodato para a empresa Saint-Gobain Canalização, que obteve o direito de plantar e explorar eucalipto lá, visando a produção de carvão para siderurgia. Em contrapartida, a Saint-Gobain

deveria reflorestar as áreas de preservação permanente nas margens do reservatório de Funil. Além do reflorestamento, as INB se beneficiaram com a abertura de vias de acesso e o controle territorial sobre Área Sul, que até então não possuía ocupação efetiva do solo pela empresa.

A exploração madeireira pela Saint-Gobain deixou um legado ecológico na Área Sul. Nas encostas às margens dos braços do reservatório de Funil, observa-se a zonação da vegetação (Figura 61). A faixa inferior corresponde às áreas inundáveis, sem vegetação ou com vegetação herbácea. A faixa intermediária compreende a mata ciliar, que possui composição variável em função do local e do manejo anterior: há mesclas, em diferentes proporções, de pinus, eucalipto, frutíferas exóticas e arbóreas nativas da Mata Atlântica. A faixa superior, situada no alto dos morrotes, é dominada por eucaliptos.

Figura 61 – Zonação da vegetação em encostas às margens de um braço do reservatório de Funil, Fábrica de Combustível Nuclear (Área Sul), Resende (RJ), 2022.

Fonte: o autor.

A parceria com a Saint-Gobain chegou ao fim devido a restrições impostas pelo Ibama para a extração da madeira na propriedade das INB. Trabalhar sob essas restrições iria elevar os custos de produção e reduzir os lucros, tornado o projeto

economicamente inviável para a Saint-Gobain. Apesar do encerramento do projeto, os eucaliptos permaneceram como um elemento conspícuo da paisagem. Atualmente eles são alvo de um programa de controle e substituição de espécies exóticas por nativas.

Ainda na Área Sul, há vários pontos nos quais é possível observar, no topo dos morros do outro lado do reservatório, as linhas de transmissão às quais se conecta a Usina Hidrelétrica de Funil (Figura 62).

Figura 62 – Linhas de transmissão da Usina Hidrelétrica de Funil observadas no outro lado do reservatório, a partir da Área Sul da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ), 2022.

Fonte: o autor.

A Área Norte tem sua porção setentrional margeada por um trecho do ramal Rio-São Paulo da Rede Ferroviária Federal, que segue paralelo à Rodovia BR-116. Entre essas duas vias corre o Ribeirão da Água Branca e vem crescendo uma ocupação irregular iniciada por volta de 2010. Parte das habitações dessa ocupação lança seus efluentes sanitários no Água Branca, o que poderá comprometer futuramente a qualidade da água que abastece as INB.

Na porção Leste da Área Norte, limite entre as propriedades das INB e de Furnas Centrais Elétricas, há o dique da represa do Funil, com aproximadamente 2km de extensão[64] (Figura 63). Na propriedade de Furnas foram observadas várias pequenas embarcações estacionadas em terra firme nas margens do reservatório.

Figura 63 – Dique da Usina Hidrelétrica de Funil observado a partir da Área Norte da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ), 2022.

Fonte: o autor.

Na Área Norte também houve plantio de espécies arbóreas exóticas, porém sem relação com projeto exploração madeireira da Saint-Gobain. O objetivo desses plantios foi criar barreiras físicas ao redor das instalações fabris das INB[65] e recompor parte da cobertura vegetal da Área, degradada pelo menos desde a década de 1960 (Figura 64).

[64] Furnas é a proprietária e operadora da Usina Hidrelétrica de Funil.
[65] É comum o uso de cortinas arbóreas ao redor de instalações industriais para reduzir dispersão de material particulado, dificultar a propagação de ruídos, ocultar infraestrutura e melhorar a estética da paisagem (RAMILO, 2022).

Figura 64 – Cortinas arbóreas ao redor da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ), 2022.

Fonte: o autor.

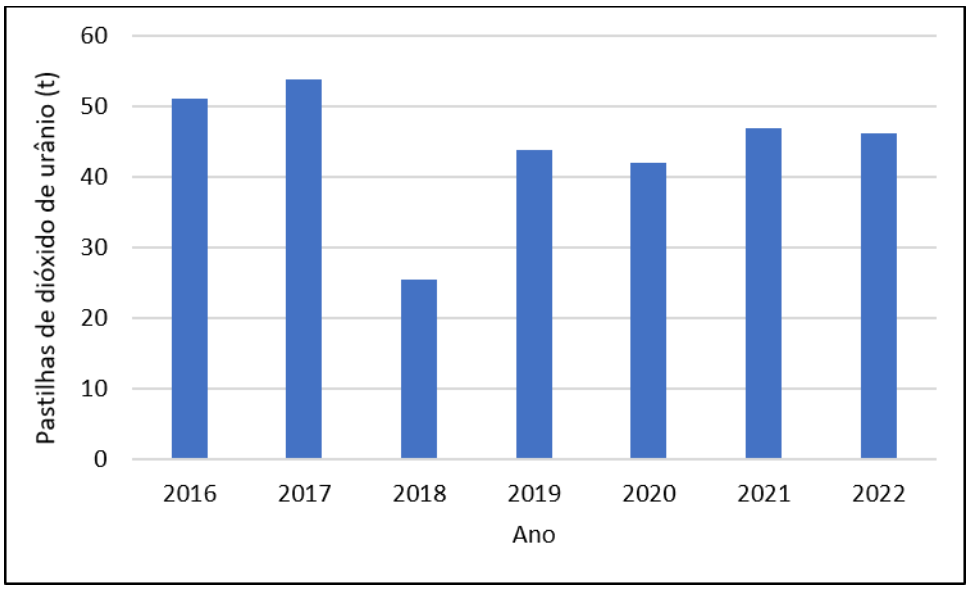
O primeiro ponto relevante sobre a paisagem energética da Fábrica de Combustível Nuclear é que ela está justaposta às paisagens da Usina Hidrelétrica de Funil e das linhas de transmissão associadas à Usina[66]. Embora para a Fábrica o reservatório de Funil não tenha uso na cadeia produtiva da energia, pois o abastecimento das plantas é feito com recursos hídricos do Ribeirão da Água Branca, o reservatório é um elemento significativo da sua paisagem no geral.

Enquanto o projeto de exploração de eucalipto pela Saint-Gobain esteve ativo, dentro da propriedade das INB em Resende havia um outro tipo de paisagem energética: os eucaliptais. Em teoria ainda é possível utilizar esses talhões para produção de carvão vegetal, porém como não há perspectivas de retomada dessa produção atualmente e os eucaliptos estão sendo eliminados progressivamente, consideramos os indivíduos remanescentes um legado ecológico de uma paisagem energética que não existe mais.

[66] São três linhas de extra alta tensão, uma conectando as porções fluminense e paulista do Vale do Paraíba, e duas conectando o Vale do Paraíba paulista à região metropolitana do Rio de Janeiro (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2023).

Dados das Indústrias Nucleares do Brasil (2020–2023) revelam que entre 2016 e 2022 a Fábrica de Combustível produziu um total de 308,9t de pastilhas de dióxido de urânio (urânio físsil) com percentuais variáveis de U^{235}. A produção anual variou entre 25,5t e 53,7t, sendo a média de 44,1t (Figura 65).

Figura 65 – Produção de urânio físsil em pastilhas pela Fábrica de Combustível Nuclear de Resende (RJ) entre 2016 e 2022.



Fonte: o autor, a partir de dados das Indústrias Nucleares do Brasil (2020–2023).

Na tipologia das paisagens energéticas de Pasqueletti e Stremke (2018), a Fábrica de Combustível tem sua qualificação substantiva baseada no urânio físsil e situada no espectro da alta densidade energética, assim como a Central Nuclear. Contudo, enquanto nessa última a energia é extraída do urânio por meio da fissão, na primeira o urânio é processado para que seja possível extrair sua energia. A alta densidade se deve à relação conteúdo energético/massa de U^{235} contida nas pastilhas. A partir de dados das Indústrias Nucleares do Brasil (2020–2023), calculamos que a energia exportada pela paisagem da Fábrica de Combustível sob a forma de pastilhas de urânio variou entre $8{,}76 \times 10^{15}$J e $1{,}85 \times 10^{16}$J, com uma média anual de $1{,}50 \times 10^{16}$J (Tabela 10).

Tabela 10 – Energia contida no urânio físsil produzido pela Fábrica de Combustível Nuclear de Resende (RJ) entre 2016 e 2022.

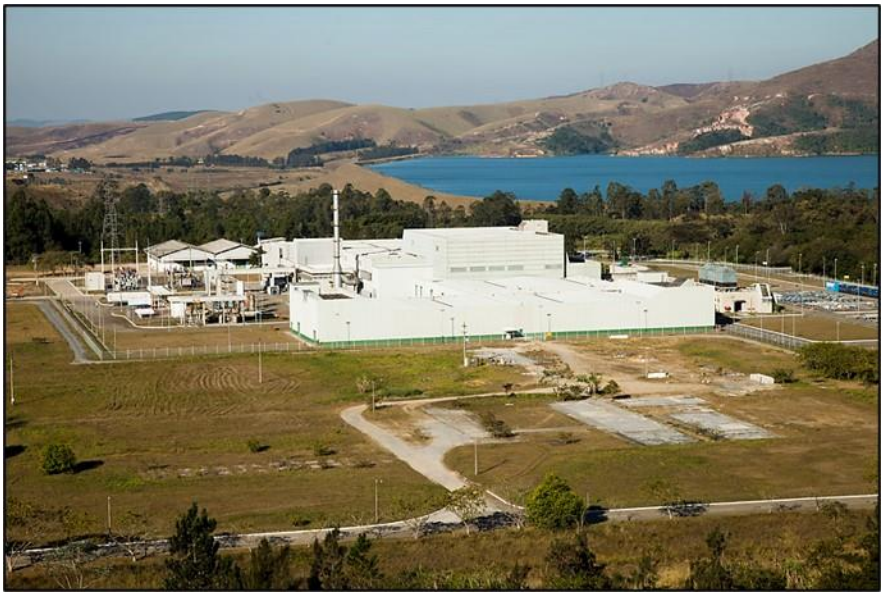
Ano	Área Fábrica de Combustível Nuclear (ha)	Urânio físsil – UO_2 (t)	U^{235} [1] (t)	Energia (J)
2016	250	51	2,15	$1{,}76 \times 10^{16}$
2017	250	53,7	2,26	$1{,}85 \times 10^{16}$
2018	250	25,5	1,07	$8{,}76 \times 10^{15}$
2019	250	43,7	1,84	$1{,}51 \times 10^{16}$
2020	250	42	1,76	$1{,}44 \times 10^{16}$
2021	250	46,9	1,88	$1{,}54 \times 10^{16}$
2022	250	46,1	1,84	$1{,}51 \times 10^{16}$

[1] Calculado a partir dos percentuais indicados nos relatórios das INB. Quando não informado o percentual exato, foi utilizado o valor médio de 4%.

Fonte: o autor, a partir de dados das Indústrias Nucleares do Brasil (2020–2023).

A área de propriedade das INB em Resende é de aproximadamente 600ha (NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS, 1998b). Deste total, 350ha correspondem à Área Sul (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2012) e 250ha correspondem à Área Norte. A paisagem energética da Fábrica de Combustível se restringe à essa última área e tem como elemento mais característico suas quatro unidades industriais, divididas em dois edifícios: um para os processos de reconversão, produção de pastilhas e enriquecimento isotópico, e outro para a fabricação de componentes e montagem do elemento combustível (Figuras 66 e 67).

Figura 66 – Unidades de reconversão, produção de pastilhas e enriquecimento isotópico da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ).



Fonte: Indústrias Nucleares do Brasil (sem data).

Figura 67 – Unidade de fabricação de componente e montagem de elementos combustíveis da Fábrica de Combustível Nuclear, Resende (RJ).

Fonte: Indústrias Nucleares do Brasil (2021).

Quanto à qualificação espacial, a Fábrica de Combustível Nuclear é classificada como entidade, pois domina sua paisagem energética, impendido outros usos do solo além do processamento do combustível. No entanto, essa

dominância é distinta daquela exercida pela Central Nuclear, que conta com uma área de exclusão e uma zona de baixa população ao seu redor. A ausência desses elementos permite usos do solo variados nas áreas adjacentes à Fábrica de Combustível, como, por exemplo, o antigo projeto de produção de eucalipto na Área Sul e a criação de gado em propriedades vizinhas.

Os ritmos de formação das paisagens energéticas da Fábrica de Combustível e da Central Nuclear estão associados. A transformação da paisagem em Resende tem início com a construção da Fábrica, em 1977, quando as obras de Angra 1 já estavam em andamento. A inauguração da Fábrica ocorre em 1982, mesmo ano em que começa a operação do reator de Angra 1 em caráter experimental. A ampliação e a modernização da Fábrica na segunda metade da década de 1990 coincidem com a retomada das obras de Angra 2. Por fim, no início dos anos 2000, iniciam-se o projeto de enriquecimento isotópico na Fábrica de Combustível e o projeto de Angra 3 na Central Nuclear.

Na qualificação temporal o grau de permanência da Fábrica de Combustível é baixo, a paisagem é dinâmica e reversível, pois o empreendimento produz apenas rejeitos de baixa atividade, com meia vida curta (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2014). Quando for realizado o descomissionamento da Fábrica, caso esses rejeitos ainda apresentem alguma atividade, eles poderão ser enviados para o Centena ou outro repositório final indicado pelo órgão licenciador. Assim, após o desmantelamento das estruturas e a aplicação das medidas de remediação, a paisagem da Fábrica poderia retornar a um estado similar àquele observado antes da instalação do empreendimento. Essa qualificação temporal é oposta àquela da Central Nuclear num cenário em que o governo brasileiro optasse por manter o combustível irradiado em Angra dos Reis.

A ressalva feita sobre a reversibilidade da paisagem da Central Nuclear (ver seção 4.3) também se aplica à Fábrica de Combustível. Devido ao crescimento da cobertura florestal, os terrenos entregues pelas INB ao fim do descomissionamento da Fábrica teriam uma paisagem distinta daquelas existentes antes da instalação do empreendimento (canteiro de obras abandonado e pastos). Nesse sentido, a reversibilidade se refere à possibilidade de uso irrestrito do solo no local da Fábrica de Combustível.

Nas qualificações adicionais a paisagem da Fábrica de Combustível é enquadrada no estágio de processamento da cadeia de produção de energia, devido à sua função de processar compostos uraníferos para produzir pastilhas de urânio físsil. Com relação ao nível de independência energética, a Fábrica atua como exportadora (pastilhas) e importadora (compostos uraníferos). Secundariamente, a Fábrica depende da energia fornecida pela rede elétrica para o funcionamento de seus equipamentos. O principal agente atuante no desenvolvimento da paisagem energética do Fábrica de Combustível Nuclear é o governo brasileiro, pois as INB são uma empresa pública de capital fechado.

Um último aspecto a ser destacado aqui são as conexões existentes entre a Fábrica de Combustível e outros lugares do ciclo do combustível nuclear. Enquanto todos os estágios do ciclo não forem realizados em escala industrial no Brasil, haverá obrigatoriamente ao menos uma conexão internacional. Um exemplo desse tipo de conexão são as atividades ligadas ao estágio de enriquecimento. Entre 2004 e 2022 as INB tiveram dois contratos com a Urenco Enrichment Company Limited, consórcio britânico-germano-holandês, para enriquecimento de urânio (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2022a). Ao longo da vigência desses contratos, periodicamente a Fábrica de Combustível recebia cargas vindas da Europa.

Há ainda as conexões nacionais da Fábrica com as minas de urânio e com a Central Nuclear. No caso dessa última, as rodovias BR-116 e BR-101 desempenham papel fundamental para levar os elementos combustíveis produzidos em Resende até Angra dos Reis. Cada usina recebe uma remessa de combustível aproximadamente uma vez ao ano para ser utilizada durante a parada de reabastecimento. O combustível nuclear é transportado por caminhões especiais, escoltados por veículos das forças de segurança pública. Este comboio percorre um trajeto de 175km com velocidade máxima 60km/h para proteger a carga (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2020). Adicionalmente, como medida de segurança, as normas da Cnen determinam que as operações de transporte ocorram em sigilo absoluto (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2019). O transporte sazonal do combustível cria um fluxo que conecta os lugares e as paisagens energéticas da Fábrica e da Central Nuclear. Sem ele a conversão elétrica em Angra dos Reis não é possível.

A seguir, nos debruçaremos sobre o início do ciclo do ciclo do combustível nuclear, analisando a exploração de urânio no Brasil.

5. 3 Caldas: um lugar onde se produziu minério

A região de Poços de Caldas[67] é um exemplo típico da feição geológica denominada caldeira vulcânica. Sua estrutura se formou a partir do colapso total ou parcial do teto de câmaras magmáticas que alimentavam vulcões, num processo que gerou na superfície da crosta terrestre uma grande depressão circundada por diques anelares. Essa história evolutiva também resultou numa elevada geodiversidade, que inclui, por exemplo, fontes termais, argilas especiais e minerais radioativos (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2016a).

Os minerais uraníferos do Planalto de Poços de Caldas foram descobertos no início da década de 1950, o que levou a Cnen a manter uma equipe permanente de prospecção para verificar a possibilidade de exploração de matérias-primas nucleares na região (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1974a). Em 1973 a Comissão já havia estudado detalhadamente vintes anomalias[68] de urânio, mas apenas uma, próxima à localidade de Campo do Cercado, no município de Caldas, foi classificada como uma reserva com possibilidades de aproveitamento econômico imediato (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1973).

Assim, em 1974, a CBTN inaugurou uma usina piloto próxima ao Campo do Cercado, com o intuito de fornecer dados para o projeto de processamento de urânio em escala industrial (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1974b). Em 1976, a Nuclebrás (antiga CBTN) contratou uma empresa francesa para elaborar esse projeto, que começou a ser executado no ano seguinte com a decapagem da mina. O empreendimento foi batizado de Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas e os testes pré-operacionais começaram

[67] Do ponto de vista administrativo, a região imediata de Poços de Caldas é composta pelos municípios de Andradas, Bandeira do Sul, Botelhos, Caldas, Campestre, Ibitiúra de Minas, Poços de Caldas e Santa Rita de Caldas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2022).

[68] De acordo com Jorge do Cravo Barros (2006), uma jazida mineral é uma anomalia positiva, isto é, um desvio acima da média, em relação à distribuição do bem mineral na Terra (*background*).

em 1981. O Complexo foi inaugurado oficialmente em 1982 e operou até 1995, de forma intermitente, o que resultou numa produção real bem abaixo daquela projetada (CIPRIANI, 2002).

Desde o ano de sua inauguração, o Complexo Mínero-industrial também recebeu remessas de resíduos radioativos (torta II e mesotório) produzidos pela Nuclemon, uma subsidiária da Nuclebrás em São Paulo. No início da década de 1990 foi iniciada uma linha de trabalho para recuperação de urânio e tório a partir do processamento desses resíduos. Após o encerramento definitivo das atividades de lavra e beneficiamento de urânio em 1995, as possibilidades de utilização do Complexo para armazenar e processar resíduos radioativos ganharam destaque (CIPRIANI, 2002).

Diz-se que os empreendimentos minerários possuem rigidez locacional, pois só podem se instalar sobre depósitos minerais, cuja ocorrência e qualidade são determinadas por processos geológicos (MECHI; SANCHES, 2010). Por isso, diferentemente da Central Nuclear e da Fábrica de Combustível, empreendimentos cuja localização foi escolhida com base num conjunto de fatores considerados mais adequados a cada caso, a escolha de local do Complexo Mínero-industrial foi determinada pela presença das jazidas de urânio.

Oportunamente, Caldas, assim como Resende e Angra dos Reis, também está relativamente próxima dos principais centros de pesquisas nucleares do Brasil, localizados nas cidades de Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro. Esses centros e as grandes universidades dessas cidades certamente tinham condições de prover recursos humanos e apoio técnico para o Complexo Mínero-industrial, o que era vantajoso para um empreendimento pioneiro no país.

Até meados do século XVIII Caldas era habitada apenas por povos indígenas. A ocupação europeia/colonial começou em 1780, associada à migração de habitantes de centros auríferos decadentes de Minas Gerais. Até o último quartel do século XIX a pecuária era a atividade predominante no município, mas a partir de então passou a dividir espaço com a agricultura. Na década de 1950, as duas juntas concentravam aproximadamente 78% dos trabalhadores ativos caldenses. Destacavam-se os cultivos de batata-inglesa, uva, café e milho, e as criações de bovinos e suínos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E

ESTATÍSTICA, 1958). De acordo com o Censo Demográfico, a população rural ainda era maioria nos anos de 1970 e 1980, correspondendo a cerca de 70% e 61% dos habitantes do município, respectivamente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2023b).

Eliana Amaral (1992) observou que até o fim da década de 1970 a produção agropecuária do Planalto de Poços de Caldas era voltada principalmente para a subsistência. Desse período até o início dos anos de 1990 houve um crescimento da produção, cuja maior parte passou a ser vendida e distribuída nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Para a autora, o Complexo Mínero-industrial teve uma participação importante nesse desenvolvimento agropecuário, pois provocou a construção de estradas, o fornecimento de água e de energia elétrica no Planalto.

Entre 1980 e 1982 foi realizado o estudo ambiental pré-operacional do Complexo Mínero-industrial, que teve como objetivos principais avaliar os níveis de radiação natural ao redor do empreendimento, selecionar radionuclídeos e identificar as vias críticas de exposição à radiação para futuro monitoramento operacional (AMARAL; AZEVEDO; MENDONÇA, 1985). Cabe ressaltar que o Planalto de Poços de Caldas já era considerado uma área de radiação natural elevada devido às suas jazidas minerais. A operação do Complexo Mínero-industrial viria aumentar essa radiação ao redistribuir radionuclídeos do subsolo para a biosfera (AMARAL, 1992).

No estudo pré-operacional foram mensuradas as concentrações de rádio (Ra^{226}) e urânio (U^{238}), os principais radionuclídeos a serem liberados nos efluentes líquidos do beneficiamento de minério e da lixiviação das pilhas de rejeito. De acordo com o projeto, após o tratamento, os efluentes da mina seriam lançados na bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas e os efluentes do beneficiamento seriam lançados na bacia do Rio Verde. As águas do Ribeirão das Antas eram utilizadas para irrigação de terras agricultáveis e para dessedentação de animais. Esse ribeirão era também um dos tributários da Represa Bortolan, próxima à cidade de Poços de Caldas, cujas águas eram utilizadas para geração hidrelétrica e recreação (AMARAL; AZEVEDO; MENDONÇA, 1985).

Com a previsão de aumento nas emissões atmosféricas de radônio (Rn^{222}) devido à mineração, também foram medidas as concentrações de chumbo (Pb^{210}), elemento filho do radônio. Em função da incorporação de rádio e chumbo nos alimentos, o estudo pré-operacional recomendou, entre outras coisas, a realização de uma investigação específica sobre a transferência desses radionuclídeos a partir do solo. As concentrações de radionuclídeos foram mensuradas em diferentes matrizes, como água (potável e de superfície), sedimento, pasto, leite, cenoura, batata, cebola e vinho (AMARAL; AZEVEDO; MENDONÇA, 1985).

As recomendações do pré-operacional e o crescimento da produção agrícola ao redor do Complexo Mínero-industrial deram origem a um estudo sobre a exposição à radiação da população rural residente no Planalto de Poços de Caldas e da população remota de consumidores dos produtos agropecuários dessa região (AMARAL, 1992). Foi observado que a inalação de radônio e seus elementos filhos constituía o maior risco radiológico à saúde, seguida pela radiação gama do solo. A ingestão de radionuclídeos naturais com alimentos locais foi considerada uma consequência radiológica menor. Portanto, a autora concluiu que o principal impacto radiológico da agropecuária no Planalto era a exposição ocupacional dos trabalhadores rurais. A mineração e o beneficiamento de urânio aumentavam a concentração de radionuclídeos na água, porém isso não representava uma contribuição significativa ao risco radiológico para população local (AMARAL, 1992).

Independente da presença do Complexo Mínero-industrial, a radiação sempre foi uma questão relevante no Planalto de Poços de Caldas. Na primeira metade da década de 2000, a Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (2009) coordenou um amplo estudo sobre a ocorrência de câncer e as doses de radiação natural externa nos municípios que compõem o Planalto. Foram realizadas medições de dose em mais de 417 mil pontos, que revelaram uma variação espacial da radiação coerente com a geologia da região. Desses pontos, apenas um foi classificado como de radioatividade muito elevada; 60 foram classificados como de radioatividade média, entre eles Campo do Cercado; e o restante foi classificado como de radioatividade normal. Esses resultados contrariaram a ideia estabelecida de que o Planalto como um todo possui radiação natural elevada e sugeriram que esse fenômeno ocorre de forma localizada na região. Adicionalmente, deram

subsídios para a vigilância em saúde monitorar as áreas com maiores doses de radiação e para o poder público restringir o acesso, o uso e a ocupação do solo nos casos extremos.

Devido a esse contexto, a nuclearidade do Complexo Mínero-industrial difere daquela da Central Nuclear e da Fábrica de Combustível. Na verdade, no início dos anos 1960, quando a política nacional de energia nuclear definiu que

> Elemento nuclear: É todo elemento químico que possa ser utilizado na libertação de energia em reatores nucleares ou que possa dar origem a elementos químicos que possam ser utilizados para esse fim. (...)
>
> Mineral nuclear: É todo mineral que contenha em sua composição um ou mais elementos nucleares. (BRASIL, 1962, p. 1),

automaticamente o Planalto de Poços de Caldas se tornou um lugar nuclear, mesmo que nunca houvesse ocorrido a exploração de urânio na região. Isto significa que a nuclearidade de Campo do Cercado independe do Complexo Mínero-industrial, enquanto as nuclearidades de Itaorna e Nhangapi provêm da Central Nuclear e da Fábrica de Combustível, respectivamente.

Entretanto, a instalação do empreendimento em Campo do Cercado alterou o grau de nuclearidade do lugar em seus espectros técnico, político, econômico e social. A partir de jornais locais publicados entre 1980 e 2000, Moacir Cipriani (2002) compilou notícias sobre o Complexo Mínero-industrial que ilustram essa alteração da nuclearidade, como, por exemplo: a demissão em massa de trabalhadores da Nuclebrás e sua substituição por técnicos franceses devido ao contrato do projeto da usina de beneficiamento de minério; o prefeito de Caldas cobrando da Nuclebrás o pagamento de *royalties* e tributos municipais em decorrência da exploração do urânio; a Câmara Municipal de Poços de Caldas questionando o envio de resíduos radioativos oriundos de São Paulo para Campo do Cercado e os riscos radiológicos associados a essa manobra; a disputa entre Nuclebrás e órgãos públicos quanto à responsabilidade da empresa por uma mortandade de peixes na represa Bortolan causada pela acidificação da água.

Assim como na Fábrica de Combustível, no Complexo Mínero-industrial a nuclearidade estava mais associada a uma perspectiva nacionalista do que

desenvolvimentista. De acordo com Cipriani, a produção industrial de urânio no Brasil

> foi politicamente exaltado[a] pela tecnocracia do regime militar como um passo importante dado rumo à independência do país na exploração comercial da energia núcleo-elétrica pois garantia o suprimento de combustível à Angra I e a realização dos objetivos do Acordo Nuclear Brasil-Alemanha[69] (2002, p. 223).

Com relação ao domínio do significado, uma pesquisa de percepção de risco realizada com moradores do município de Poços de Caldas em 2002 revelou que "a radioatividade é predominantemente associada a perigo e prejuízo para a saúde em todos os grupos, aparecendo esporadicamente como avanço tecnológico e nunca como armamento" e que "a avaliação do impacto da desativação do empreendimento [Complexo Mínero-industrial] sobre a redução no nível de emprego no município apresentou um escore maior do que sobre a redução da radioatividade ou o aumento da segurança (SIQUEIRA *et al*., 2003, p. 440).

Se havia a percepção de que os empregos gerados pela operação do Complexo Mínero-industrial de certa forma "compensavam" os riscos da radioatividade, também havia, aparentemente, um consenso contra o recebimento de resíduos radioativos provenientes de outros locais. Uma reportagem de Joelma Couto traz alguns relatos que exemplificam esse posicionamento:

> Maria Augusta Barbosa, moradora de Caldas, conta: "Ficamos revoltados, não fomos nós que produzimos este lixo, por que devemos aceita-lo aqui?" (...)
>
> Já a vereadora [poços-caldense] Maria Cecília Opípari (PSB) quer que a torta II e o mesotório depositados em Caldas voltem para São Paulo. "Tenho medo que a INB-Caldas se torne um depósito de lixo radioativo proveniente de todo o país", afirma a vereadora. (...)
>
> Segundo Regina Cioffi [também vereadora de Poços de Caldas] nunca se produziu torta II e mesotório na unidade da INB-Caldas. Para ela, "quem produziu o lixo, que arque com suas consequências". (COUTO, 2010, p. 21).

[69] Firmado em 1975, esse acordo tinha como objetivo tornar o Brasil autossuficiente na geração termonuclear a partir da transferência de tecnologia alemã. O acordo foi o responsável pela reestruturação do setor nuclear brasileiro, com criação da Nuclebrás, e previa a construção de oito usinas com reatores de 1.300MW do tipo PWR. Dessas usinas, apenas Angra 2 e Angra 3 saíram do papel, embora a última permaneça inconclusa (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2021). O acordo foi um negócio da ordem de 10 bilhões de dólares cujos resultados ficaram muito distantes das metas previstas (ANDRADE, 2006).

Com os desastres de Mariana e Brumadinho (MG), em 2015 e 2019, respectivamente, a segurança das barragens do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas se somou aos resíduos radioativos entre os destaques da percepção de risco das populações vizinhas ao empreendimento. Logo após o segundo desastre, uma comitiva da Prefeitura de Caldas foi ao Complexo. De acordo com Priscila Magne Yaegashi, secretária municipal de meio ambiente:

> "A gente fez uma pequena visita em campo até as barragens para assegurar se haveria algum risco, porque a população ficou muito sensibilizada com Brumadinho. Na oportunidade, a gente solicitou uma série de documentos e ainda que qualquer evento não usual dentro da unidade seja imediatamente comunicado à prefeitura" (EPTV1, 2019, não paginado).

Um evento não usual na barragem de rejeitos havia sido detectado pelas INB alguns meses antes dessa visita, em setembro de 2018. Naquela ocasião a empresa informou o fato ao Ministério Público Federal, Ibama e à Cnen e posteriormente foi obrigada a assinar um termo de ajustamento de conduta contendo medidas emergenciais para garantir a segurança da estrutura (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2019; MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2019). No ano anterior, a empresa já havia apresentado as primeiras versões dos planos de ação de emergência para suas barragens de rejeitos e de águas claras (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2022b,c).

Questões como o recebimento de resíduos radioativos de outros locais, a mortandade de peixes na represa Bortolan e a segurança das barragens remetem ao licenciamento do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas. De acordo com as Indústrias Nucleares do Brasil (2016b), a extração e o beneficiamento de minério no Complexo nunca possuíram licença ambiental. A empresa justifica essa ausência afirmando que o início e o término dessas atividades ocorreram antes da criação do Ibama e da promulgação da principal normativa de licenciamento ambiental, a Resolução Conama nº 237 de 1997, respectivamente. O primeiro processo no Ibama foi aberto somente em 1998, para licenciar o processamento de torta II em Caldas.

Portanto, a situação do Complexo Mínero-industrial é distinta daquelas observadas na Central Nuclear e na Fábrica de Combustível, nas quais a Feema atuava no licenciamento ambiental dos empreendimentos antes da existência do

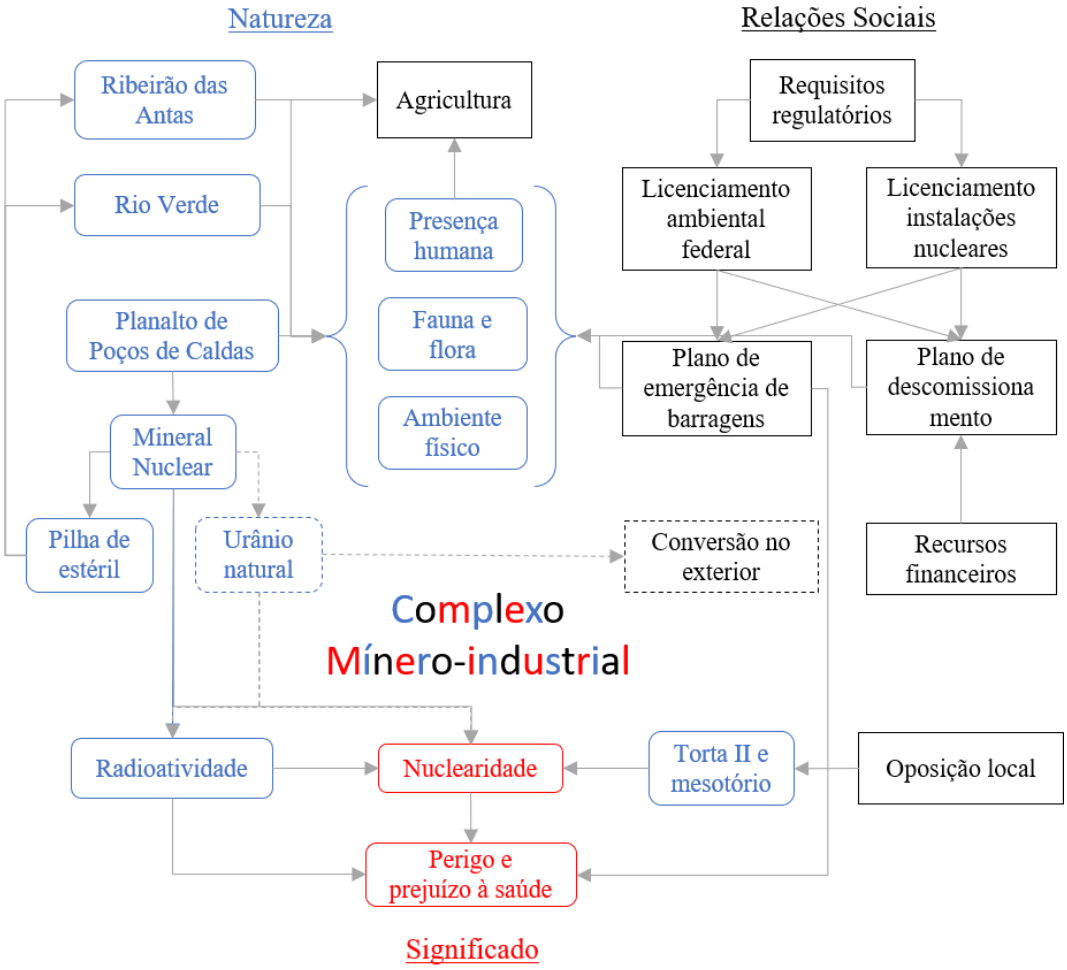
Ibama. Contudo, nesses casos a atuação do órgão ambiental estadual era secundária, prevalecendo a atuação da Cnen e o processo de licenciamento nuclear. Conforme observou um de nossos entrevistados, antes do duplo licenciamento o impacto ambiental dos empreendimentos nucleares era analisado pela Cnen durante a etapa de aprovação do local (entrevistado nº 10, especialista em licenciamento nuclear). Foi o que aconteceu na prática com o Complexo Mínero-industrial, que até o final da década de 1990 teve o licenciamento de suas atividades feito apenas pela Cnen.

Outra diferença entre a Central Nuclear, a Fábrica de Combustível e o Complexo Mínero-industrial é que as duas primeiras obtiveram a Autorização para Operação Permanente, enquanto o último realizou a lavra e o beneficiamento do urânio com sucessivas renovações da Autorização para Operação Inicial – AOI (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1981b; 1982; 1989; 1992; 1993; 1995a;b). Posteriormente, a Cnen emitiu uma outra autorização, específica para o processamento da torta II (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1996).

Desde a segunda metade da década de 2000, as INB começaram a discutir com a Cnen e o Ibama o descomissionamento do Complexo Mínero-industrial. Atualmente a empresa está elaborando os planos que deverão ser entregues a ambos os órgãos para dar continuidade ao processo. As atividades minerárias e de beneficiamento geraram um grande passivo ambiental (*e.g.* pilhas de estéreis, barragem de rejeitos, cava da mina, planta industrial), cuja linha de base de custo do projeto prevê o investimento de 500 milhões de dólares ao longo de 40 anos (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2016b). Nesse cenário, parte da receita gerada pela venda de produtos e serviços pelas demais unidades das INB terá de ser destinada ao descomissionamento de Caldas.

A partir da exposição acima, mapeamos os principais elementos e interações dentro e entre os domínios para caracterizar o lugar do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas (Figura 68).

Figura 68 – Estrutura do lugar do Complexo Mínero-industrial na década de 2020.



Obs.: as linhas pontilhadas indicam as relações da produção de urânio, que não ocorre desde 1995 (ver texto). Optamos por indicá-las, pois elas são o motivo da construção deste lugar.

Fonte: o autor.

Quanto à paisagem, o Complexo Mínero-industrial está situado na zona de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado. De acordo com as Indústrias Nucleares do Brasil (2016a), o relevo na área onde seria aberta a cava da mina mostrava uma série de vales bastante entalhados, com encostas íngremes, contendo cursos d'água efêmeros (Figura 69). A drenagem natural, que se baseava no escoamento e percolação em direção a esses vales, foi profundamente alterada com a implantação da mina, cuja cava passou a receber praticamente todo o volume de água percolado.

Figura 69 – Abertura da cava da mina do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), final da década de 1970.

Fonte: Indústrias Nucleares do Brasil (sem data).

Ao término da lavra de minério a cava possuía aproximadamente 1km de diâmetro e 80ha de área. Em seu interior formou-se um lago com volume de cerca de 1,9 milhões de metros cúbicos e 20ha de área. Aproximadamente 38 milhões de metros cúbicos de material estéril retirados da cava foram dispostos em cinco diferentes bota-foras nas proximidades. A soma das áreas desses pequenos morros artificiais corresponde a 188,4ha (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2016b).

Para a caracterização da paisagem energética do Complexo Mínero-Industrial, os dados da literatura foram complementados pelas observações diretas e informações obtidas com a funcionária das INB que nos guiou durante o trabalho de campo.

Dentre os lugares do ciclo do combustível nuclear visitados, Caldas foi aquele que apresentou a transformação mais profunda da paisagem, devido às atividades de mineração. Há mudanças significativas na topografia com a formação de morros a partir da deposição de bota-foras e a formação de uma cratera com a abertura da cava da mina (Figuras 70 e 71). Além disso, há a formação de lagos

artificiais devido ao barramento de córregos para a formação da represa de águas claras e à implantação da barragem de rejeitos (Figuras 72 e 73). A represa é utilizada para o abastecimento do Complexo Mínero-industrial, provendo água tanto para uso industrial[70] quanto para consumo humano (exceto dessedentação); não há aproveitamento energético por meio dessa estrutura.

Figura 70 – Bota-fora 4 do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. Vista lateral parcial.

Fonte: o autor.

[70] Atualmente, o principal uso industrial de água no Complexo corresponde ao tratamento de efluentes gerados pela cava da mina e pelas pilhas de bota-fora.

Figura 71 – Cava da mina do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022.

Fonte: o autor.

Figura 72 – Barragem de rejeitos do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. Vista a jusante.

Fonte: o autor.

Figura 73 – Barragem de águas claras do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022. Vista a montante.

Fonte: o autor.

Observamos poucas áreas reflorestadas com espécies nativas de Mata Atlântica e/ou Cerrado e muitos indivíduos de pinus e eucalipto espalhados pelo Complexo. De acordo com Moacir Cipriani (2002), até 1989 foram plantadas 200.000 mudas desses gêneros com os objetivos de cobrir parte das plataformas dos bota-foras e reduzir a geração de efluentes por meio de lixiviação.

Com o fim das atividades minerárias, do processamento de resíduos radioativos, e o início do descomissionamento do Complexo, os marcos na paisagem citados anteriormente, bem como equipamentos e estruturas desmanteladas ou em desmantelamento (Figura 74), podem ser considerados legados ecológicos e técnicos de uma paisagem energética que já não produz mais. Sobre os legados, cabe ressaltar que embora a torta II e o mesotório tenham sido armazenados e processados no Complexo Mínero-industrial, sua origem não está relacionada ao ciclo do combustível nuclear[71]. Ainda que esses elementos sempre

[71] Torta II e mesotório são subprodutos radioativos do processamento de areias monazíticas, que são utilizadas na produção de cerâmicas, materiais eletrônicos, supercondutores, imãs permanentes, ligas metálicas especiais etc. (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2022d).

tenham sido parte da paisagem geral do Complexo, entendemos que eles não devem ser incluídos na paisagem energética.

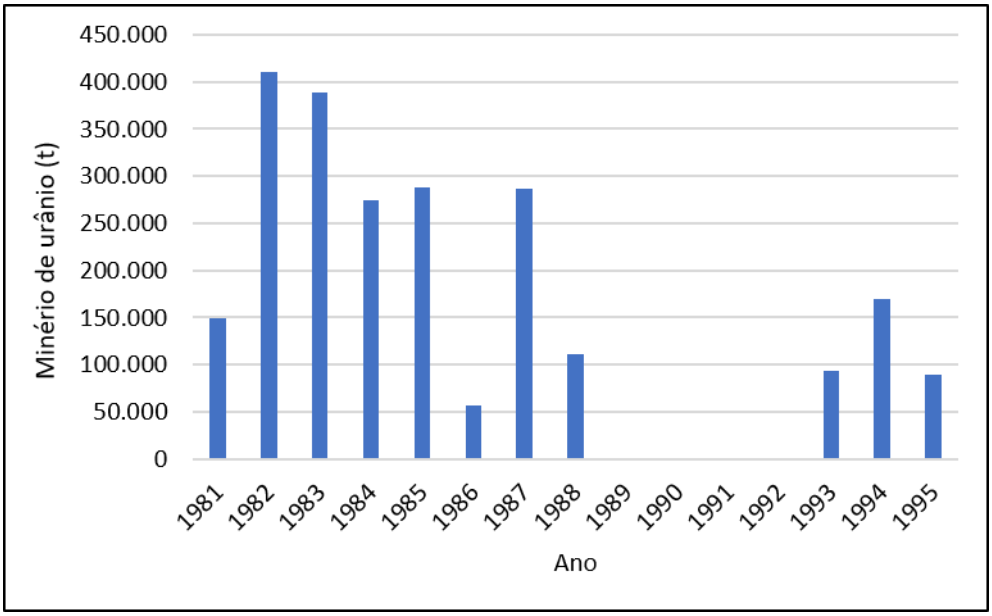
Figura 74 – Estruturas em desmantelamento na usina de beneficiamento do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022.

Fonte: o autor.

Apesar do Complexo Mínero-Industrial não contribuir atualmente com insumos para o ciclo do combustível nuclear, analisar sua produção sob a perspectiva da tipologia de Pasqualetti e Stremke (2018) fornece informações relevantes ao entendimento das conexões entre os lugares e as paisagens desse ciclo.

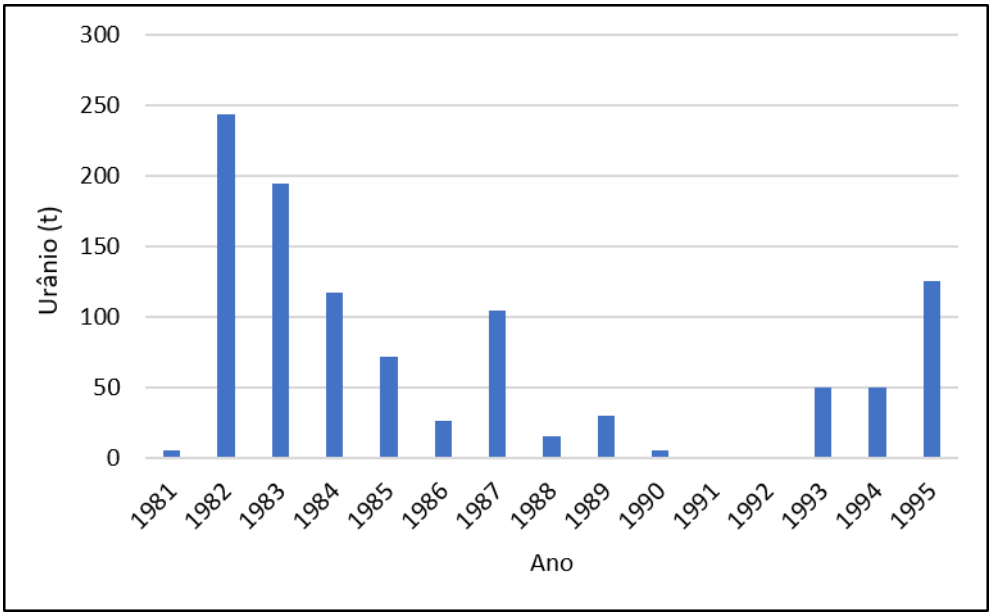
Dados das Indústrias Nucleares do Brasil (sem data *apud* CIPRIANI, 2002) e da British Geological Survey (2017 *apud* OUR WORLD IN DATA, 2023) revelam que entre 1981 e 1995 o Complexo Mínero-Industrial lavrou um total de 2,3Mt de minério de urânio, com a produção anual variando entre zero e 409.952t, sendo a média de 154.435t (Figura 75). A partir do beneficiamento do minério foram produzidas 1.036t de urânio, com os valores anuais variando entre zero e 243t, e média de 69t (Figura 76). Essa variação na produção e no beneficiamento de minério evidenciam como faltou regularidade à operação do Complexo.

Figura 75 – Produção de minério de urânio pelo Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), entre 1981 e 1995.



Fonte: o autor, a partir de dados das Indústrias Nucleares do Brasil (sem data *apud* CIPRIANI, 2002).

Figura 76 – Produção de urânio pelo Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), entre 1981 e 1995.



Fonte: o autor, a partir de dados da British Geological Survey (2017 *apud* OUR WORLD IN DATA, 2023).

Na tipologia das paisagens energéticas de Pasqueletti e Stremke (2018), o Complexo Mínero-industrial tem sua qualificação substantiva baseada no urânio e situada no espectro da alta densidade energética, assim como a Central Nuclear e a Fábrica de Combustível. Contudo, enquanto a primeira aproveita a energia da fissão do urânio e a segunda processa esse elemento para seu aproveitamento energético, o Complexo extrai urânio dos minérios. A alta densidade se deve à relação conteúdo energético/massa de urânio. A partir de dados das Indústrias Nucleares do Brasil (sem data *apud* CIPRIANI, 2002) e da British Geological Survey (2017 *apud* OUR WORLD IN DATA, 2023), calculamos que a energia extraída da paisagem do Complexo Mínero-industrial sob a forma de urânio variou entre $2{,}87x10^{14}$J e $1{,}39x10^{16}$J, com uma média anual de $3{,}96x10^{15}$J (Tabela 11).

Tabela 11 – Energia contida no urânio produzido pelo Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), entre 1981 e 1995.

Ano	Área Complexo Mínero-Industrial (ha)	Minério de urânio (t)	Urânio (t)	Energia[1] (J)
1981	1.360	148.697	5	$2{,}87x10^{14}$
1982	1.360	409.952	243	$1{,}39x10^{16}$
1983	1.360	388.840	194	$1{,}11x10^{16}$
1984	1.360	274.329	117	$6{,}72x10^{15}$
1985	1.360	287.536	72	$4{,}13x10^{15}$
1986	1.360	56.933	26	$1{,}49x10^{15}$
1987	1.360	286.147	104	$5{,}97x10^{15}$
1988	1.360	111.632	15	$8{,}61x10^{14}$
1989	1.360	0	30	$1{,}72x10^{15}$
1990	1.360	0	5	$2{,}87x10^{14}$
1991	1.360	0	0	0
1992	1.360	0	0	0
1993	1.360	93.128	50	$2{,}87x10^{15}$
1994	1.360	169.906	50	$2{,}87x10^{15}$
1995	1.360	89.427	125	$7{,}18x10^{15}$

[1] Calculada como massa de urânio x 0,7% x $8{,}20x10^{12}$, onde 0,7% é a quantidade de U^{235} presente no urânio natural (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2009) e $8{,}20x10^{12}$ é o conteúdo energético desse isótopo (SMIL, 2008).

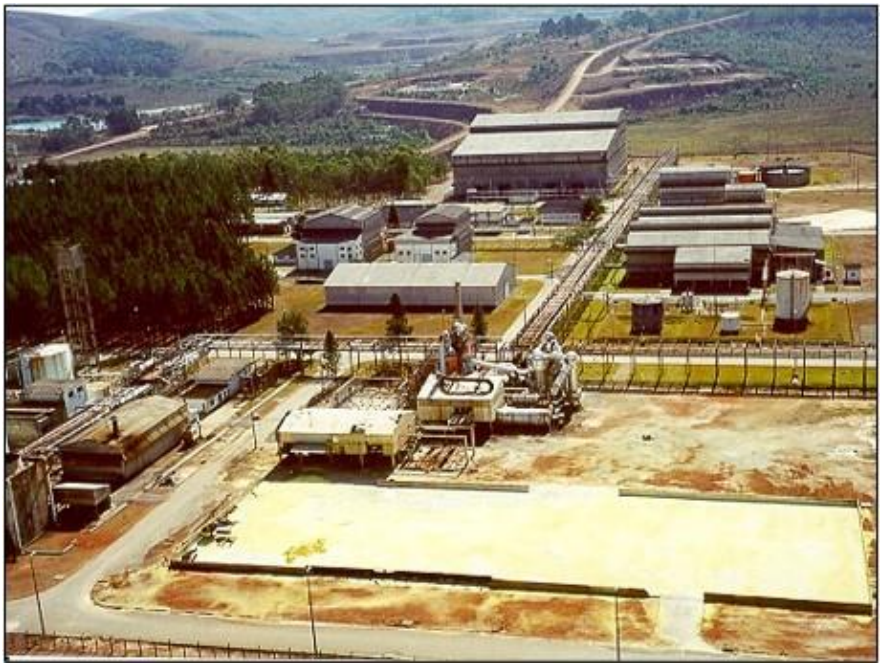
Fonte: o autor, a partir de dados das Indústrias Nucleares do Brasil (sem data *apud* CIPRIANI, 2002) e da British Geological Survey (2017 *apud* OUR WORLD IN DATA, 2023).

A área do Complexo Mínero-industrial é de 1.360ha (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2016a), onde estão distribuídos dois grupos de elementos característicos dessa paisagem. No primeiro grupo, estão os elementos associados à mineração, como os já mencionados bota-foras e cava da mina, além de pilhas de minério britado não aproveitado e os restos dos sistemas de britagem (Figura 77). Elementos como escavadeiras e caminhões, provavelmente comuns na paisagem durante a operação do Complexo, não foram observados. No segundo grupo estão os elementos associados ao processamento do minério, cujo principal exemplo é usina de beneficiamento (Figura 78), que já teve parte de suas estruturas desmanteladas. Há ainda elementos que participavam de ambos os processos, se encaixando nos dois grupos, como a barragem de rejeitos, a represa de águas claras e a estação de tratamento de efluentes.

Figura 77 – Trecho do sistema de britagem primário e pilhas de minério britado no Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG), 2022.

Fonte: o autor.

Figura 78 – Usina de beneficiamento do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas, Caldas (MG).



Fonte: Indústrias Nucleares do Brasil (sem data).

Quanto à qualificação espacial, o Complexo Mínero-industrial é classificado como entidade, pois domina sua paisagem energética, impendido outros usos do solo além de lavra e beneficiamento de minério. Entretanto, sua dominância se restringe à área do empreendimento, sendo permitidos usos variados do solo nas adjacências. A agricultura reportada por Eliana Amaral no início da década de 1990, por exemplo, ainda pôde ser observada por nós ao longo da via de acesso principal ao Complexo. Nesse sentido, a dominância desse empreendimento se assemelha mais àquela da Fábrica de Combustível do àquela da Central Nuclear.

Os ritmos de transformação da paisagem energética do Complexo Mínero-industrial, da Fábrica de Combustível e da Central Nuclear estão associados. A inauguração dos dois primeiros ocorre em 1982, ano que marca também o início da operação de Angra 1 em caráter experimental. Contudo, em termos de produção, a paisagem do Complexo não conseguiu acompanhar as outras duas: o encerramento das atividades em Caldas antecede a expansão da Central Nuclear e a ampliação da Fábrica de Combustível. Isso acarretou na formação de uma nova paisagem energética, a Unidade de Concentração de Urânio, em Caetité (BA), também

composta por mina e usina de beneficiamento de minério. Atualmente a Unidade é que está efetivamente conectada ao ciclo do combustível nuclear.

Na qualificação temporal o grau de permanência do Complexo Minero-industrial é alto, a paisagem é permanente e irreversível. Com base nos estudos atuais dos planos de descomissionamento e de recuperação ambiental do Complexo de Caldas, as INB afirmam que no futuro a maior parte da área poderá ser liberada para uso irrestrito, porém há áreas nas quais será necessário manter restrição de acesso, medidas de controle de proteção radiológica e segurança nuclear (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2023).

Nas qualificações adicionais a paisagem do Complexo Mínero-industrial é enquadrada no estágio de extração e processamento da cadeia de produção de energia, devido às atividades de lavra e beneficiamento de urânio, respectivamente. Com relação ao nível de independência energética, o Complexo atuava como exportador, enviando urânio para as plantas de conversão. Secundariamente, o funcionamento do maquinário da mina e da usina de beneficiamento dependia de combustíveis fósseis e energia fornecida pela rede elétrica. O principal agente atuante no desenvolvimento dessa paisagem energética era o governo brasileiro, acionista majoritário da Nuclebrás S.A. e controlador das INB.

Atualmente não existem mais conexões entre o Complexo Mínero-industrial e outros lugares do ciclo do combustível nuclear. Porém, no passado, o Complexo se conectava aos lugares que recebiam o urânio beneficiado em Caldas para convertê-lo em hexafluoreto de urânio. Não encontramos fontes que citassem o destino do urânio caldense, mas considerando que entre meados das décadas de 1980 e 1990 a Canadian Mining and Energy Corporation (Cameco) possuía uma das maiores capacidades instaladas para conversão de urânio no mundo (ENERGY INFORMATION ADMNISTRATION, 1984–1991; 1994–1995), e que diferentes fontes afirmam que na década de 2000 o urânio brasileiro era convertido no Canadá (FOLHA ONLINE, 2004; LEITE; 2008; CABRERA-PALMER; ROTHWELL, 2008), acreditamos que esse país era uma possível conexão para o Complexo Mínero-industrial.

Entretanto, de acordo com uma fonte divergente, até 2009 a conversão era realizada pela empresa alemã Nukem Energy GmbH (KASSENOVA;

FLORENTINO; SPEKTOR, 2020). Se essa informação estiver correta, a Alemanha seria outra possível conexão para o Complexo Mínero-industrial. Independentemente do país, podemos afirmar que houve, de fato, pelo menos uma conexão internacional durante a operação do empreendimento, pois a conversão de urânio em hexafluoreto nunca foi realizada em escala industrial no Brasil. Cabe ressaltar que a conexão internacional dependia incialmente de um fluxo interno, para transportar o urânio de Caldas até o porto de onde seguia para o exterior. Com base em contratos de exportação recentes das INB (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2014; G1 SUL DE MINAS, 2016), presumimos que o urânio saía pelo Porto de Santos e chegava até lá por meio de comboios de caminhões similares àqueles que levam os elementos combustíveis de Resende para Angra dos Reis. Para elucidar as questões relativas às conexões e aos fluxos vinculados ao Complexo Mínero-industrial, é necessária uma investigação específica nos arquivos das INB.

A seguir faremos uma análise conjunta dos lugares e paisagens energéticas do ciclo do combustível nuclear no Brasil.

Comparando a estrutura dos três lugares do ciclo, observamos que o Complexo Mínero-industrial é o mais rarefeito, pois apresenta o maior desequilíbrio entre o número de elementos de cada domínio. A Central Nuclear (cenário 2021) e a Fábrica de Combustível são lugares proporcionalmente mais densos e, portanto, mais equilibrados em relação ao número de elementos de cada domínio. Esse resultado está alinhado com a qualificação espacial e temporal das respectivas paisagens energéticas: uma vez que o Complexo é uma entidade que gera uma paisagem permanente e irreversível, ele permite apenas o uso energético. Com usos e significados tão específicos, consequentemente, o lugar torna-se rarefeito.

Essa mesma lógica explica porque a Central Nuclear (cenário 1970) é o lugar mais denso dentre os estudados, com maior equilíbrio entre o número de elementos de cada domínio. Naquele momento a paisagem energética propriamente dita ainda não havia se formado, de modo que a estrutura do lugar evidencia uma fase de transição, na qual ainda estavam presentes tanto elementos relacionados aos usos e significados tradicionais (*e.g.* comunidade baseadas na pesca e agricultura de subsistência, no limiar da desterritorialização) quanto elementos ligados ao

futuro aproveitamento energético (*e.g.* aprovação do local, desapropriação de terras e inserção na nuclearidade).

Analisando o lugar da Central Nuclear ao longo do tempo (cenários 1970, 1985 e 2021), observa-se um crescente desequilíbrio entre o número de elementos de cada domínio, o que corresponde a uma rarefação do lugar. O desequilíbrio atinge seu ponto máximo quando a paisagem energética passa a incluir a UAS, elemento que pode tornar essa paisagem permanente e irreversível, com o uso energético como única possibilidade.

Apesar de apresentarem diferentes graus, os três lugares do ciclo do combustível estão inseridos no espectro da nuclearidade. Isso se reflete, por exemplo, na presença de requisitos regulatórios específicos para instalações nucleares em todos esses lugares e na forma como a sociedade os vê. Merece destaque a situação do Complexo Mínero-industrial, que se encontra em fase de descomissionamento, atualmente não têm conexões com o ciclo do combustível, e ainda assim continua no espectro da nuclearidade. Isso ocorre porque esse lugar, diferentemente dos outros dois, é naturalmente rico em minerais classificados como nucleares. Enquanto essa classificação for vigente[72] o lugar será nuclear, independentemente da presença do Complexo. A despeito dessa condição, o empreendimento aumentou o grau da nuclearidade e o expandiu nos espectros técnico, político, econômico e social. A permanência e irreversibilidade da paisagem energética do Complexo garantem a continuidade dessa nuclearidade aumentada.

Por outro lado, as nuclearidades de Itaorna e de Nhangapi estão diretamente relacionadas à Central Nuclear e à Fábrica de Combustível, respectivamente. Considerados os três empreendimentos, a ordem crescente do grau de nuclearidade é Fábrica de Combustível – Complexo Mínero-industrial – Central Nuclear. A última possui o maior grau devido à fissão nuclear nos reatores e ao armazenamento de combustível irradiado. Já a primeira possui o menor grau pois seus processos produtivos envolvem quantidades menores de energia e os rejeitos produzidos são

[72] Como nos lembra Gabrielle Hetch (2012, p.15): "A nuclearidade não é a mesma em todos os momentos do tempo: sua materialização e distribuição nas décadas de 1940 e 1990 difere de forma marcante". Portanto, a nuclearidade conferida pela condição geológica de Caldas poderia ser encerrada se houvesse uma mudança na definição de mineral nuclear presente nas normativas brasileiras.

de baixa e média atividade. Após o descomissionamento a Fábrica poderá deixar de ser um lugar nuclear, o que está associado à qualificação temporal dinâmica e reversível de sua paisagem energética. Dependendo dos rumos do descomissionamento e da política de armazenamento de combustível usado, o mesmo pode acontecer com a Central Nuclear.

Na Tabela 12 estão sintetizadas as principais características das paisagens energéticas do ciclo do combustível nuclear brasileiro. Embora óbvio, merece destaque o fato de todas as paisagens estarem conectadas entre si, o que evidencia a quantidade de etapas intermediárias pelas quais o urânio precisa passar até chegar ao aproveitamento energético. É uma situação bem distinta daquela do carvão vegetal, por exemplo, em que a paisagem energética (mata carvoeira) exporta combustível para uso imediato. De acordo com Pasqueletti e Stremke (2018), apenas paisagens baseadas em fontes de alto conteúdo energético, como usinas nucleares, conseguem superar elevados custos adicionais de transporte para se formarem a grandes distâncias das paisagens de extração.

A obrigatoriedade das conexões entre as paisagens do ciclo do combustível também deve ser considerada nas discussões sobre o papel da fonte nuclear na matriz energética brasileira. Se, por um lado, abrigar todas as paisagens do ciclo no país confere autonomia à geração termonuclear, por outro lado internaliza impactos e conflitos socioambientais, sobretudo nas paisagens de extração. A mineração de urânio em Caldas e Caetité colocou os dois municípios no “Mapa de conflitos injustiça ambiental e saúde no Brasil” (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2023). Cabe destacar que essa questão é apenas uma dentre as muitas a serem consideradas no planejamento energético nacional, para o qual a abordagem empregada no presente trabalho pode trazer alguns subsídios.

As conexões entre as paisagens também devem ser consideradas nas análises de custo territorial dos empreendimentos de geração elétrica. Conforme argumentamos anteriormente (ARAUJO; SOLÓRZANO, 2021), na comparação entre as áreas necessárias para geração elétrica por fonte térmica (carvão e urânio), hidráulica e eólica, a área requerida para a geração termonuclear deve considerar usinas, fábrica de combustível, e complexo de mineração e beneficiamento de urânio. No caso brasileiro, mesmo o somatório das áreas dos empreendimentos

nucleares é muito menor que a área de uma hidrelétrica com grande reservatório como Itaipu (2.093,6ha contra 135.000ha)[73]. Além da área essas análises devem considerar também a permanência e a reversibilidade de cada tipo de paisagem energética.

Tabela 12 – Comparação entre paisagens energéticas do ciclo do combustível nuclear no Brasil.

Paisagem	Complexo Mínero-industrial[1]	Fábrica de Combustível Nuclear	Central Nuclear
Localização	Caldas (MG)	Resende (RJ)	Angra dos Reis (RJ)
Fonte energética	Urânio	Urânio físsil	Urânio físsil
Área (ha)	1.360	250	143,6
Estágio na cadeia produtiva da energia	Extração e processamento	Processamento	Conversão para eletricidade (principal) Depósito de rejeitos (secundário)
Densidade energética (J)	$3,96x10^{15}$	$1,50\ x10^{16}$	$3,9\ x10^{15}$
Densidade energética (categoria)	Alta	Alta	Alta
Infraestrutura de energia	Mina e usina de beneficiamento	Unidades industriais (reconversão, pastilhas, enriquecimento e montagem)	Usina termelétrica (principal) UAS (secundária)
Dominância	Entidade	Entidade	Entidade
Permanência	Permanente	Dinâmica	Dinâmica/Permanente
Reversibilidade	Irreversível	Reversível	Reversível/Irreversível
Conexão com outras paisagens	Sim	Sim	Sim

[1] Valores relativos à fase operacional do empreendimento.

Fonte: o autor.

[73] Somatório das paisagens nucleares corresponde a 1.700ha da Unidade de Concentração de Urânio de Caetité, 250ha da Fábrica de Combustível e 143,6ha da Central Nuclear. Área do reservatório de Itaipu conforme apresentado em Araujo e Solórzano (2021).

Uma observação final sobre as conexões entre as paisagens do ciclo do combustível nuclear: além do fluxo do combustível existente entre elas, incluindo aqui as matérias-primas necessárias ao fabrico desse produto, há um fluxo de pessoas e de dinheiro. Por exemplo, funcionários da Fábrica de Combustível vão periodicamente a Angra dos Reis prestar serviços especializados de apoio às recargas das usinas nucleares (ELETRONUCLEAR, 2022b), enquanto funcionários da Central Nuclear vão a Resende inspecionar os elementos combustíveis produzidos lá. A Eletronuclear é responsável pela maior parte do faturamento das INB, por meio da compra do combustível (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2022). Parte dos recursos financeiros que as INB recebem da Eletronuclear acaba sendo reinvestida em outros estágios do ciclo, como a mineração e o beneficiamento do urânio. As relações sociais que se estabelecem entre essas empresas por meio do comércio acabam por sustentar a existência dos lugares do ciclo do combustível nuclear.

Acreditamos que é possível unir as teorias de paisagem e de lugar utilizadas no presente estudo a partir da concepção de espaço como meio técnico-científico-informacional de Milton Santos (1994; 2006). Para esse autor, após a Segunda Guerra Mundial,

> os objetos técnicos tendem a ser ao mesmo tempo técnicos e informacionais, já que, graças à extrema intencionalidade de sua produção e de sua localização, eles já surgem como informação; e, na verdade, a energia principal de seu funcionamento é também a informação. Já hoje, quando nos referimos às manifestações geográficas decorrentes dos novos progressos, não é mais de meio técnico que se trata. Estamos diante da produção de algo novo, a que estamos chamando de meio técnico-científico-informacional (SANTOS, 2006, p. 159).
>
> Pelo fato de ser técnico-científico-informacional, o meio geográfico tende a ser universal. Mesmo onde se manifesta pontualmente, ele assegura o funcionamento dos processos encadeados a que se está chamando de globalização (SANTOS, 2006, p. 160).

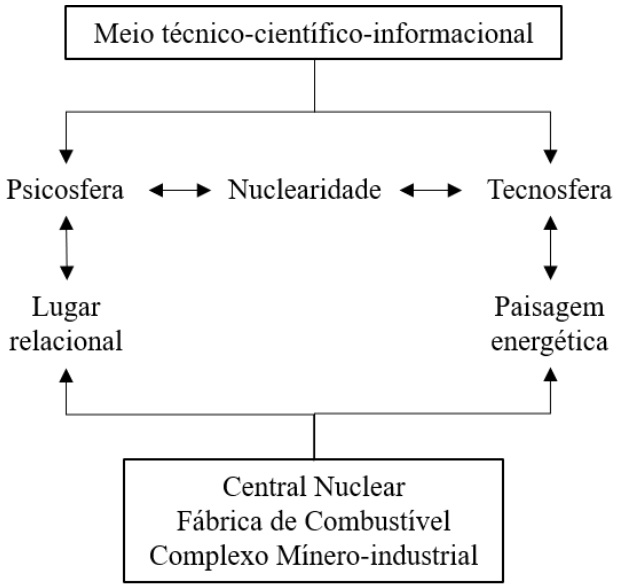
Há muitos elementos que nos permitem incluir os lugares e as paisagens do ciclo do combustível nuclear brasileiro nessa concepção de espaço, por exemplo: Angra 1 e a UAS possuem projeto americano, Angra 2 e Angra 3 possuem projeto alemão, e o Complexo Mínero-industrial de Caldas possui projeto francês. Os estágios de conversão e enriquecimento são baseados em acordos comerciais com Canadá, Alemanha, Inglaterra e Países Baixos. Nos lugares do ciclo do combustível

no Brasil sempre houve um fluxo constante de técnicos estrangeiros, tanto para instalação quanto para fiscalização dos empreendimentos. Além disso, esses lugares estão submetidos a normativas internacionais, como aquelas promulgadas pela IAEA.

Outro ponto de convergência entre os três fundamentos teóricos é a divisão do meio técnico-científico-informacional em tecnosfera e psicosfera. A primeira corresponde à representação material da técnica no espaço, é o mundo dos objetos. Equivale ao que chamamos no presente trabalho de paisagem energética. Para Milton Santos (2006), a tecnosfera funciona como uma prótese que adere firmemente um lugar, substituindo o meio natural ou técnico precedente. Já a psicosfera abarca a representação não material do meio: são as ideias, crenças, paixões, vontades e hábitos que produzem um sentido. É a esfera da ação. Ela comporta os domínios das relações sociais e do significado da teoria do lugar que empregamos. Através da equivalência paisagem-tecnosfera e lugar-psicosfera, os objetos geográficos do ciclo do combustível nuclear se inserem no meio técnico-científico-informacional. No arcabouço teórico que empregamos, as duas esferas também se conectam por meio da nuclearidade, na medida em que esta é tanto fruto do significado quanto das características materiais dos objetos nucleares (Figura 79).

Milton Santos (1994) destaca que o meio técnico-científico-informacional se faz muito mais presente como psicosfera do que como tecnosfera, ou seja, a primeira tem um alcance muito maior que a última. No caso que estudamos, significa dizer que as paisagens energéticas são locais (embora estabeleçam conexões entre si), enquanto as relações dos lugares são regionais, nacionais ou globais. Por exemplo, o ciclo do combustível encontra-se numa esfera de planejamento e regulamentação federal e internacional, mesmo que os empreendimentos se restrinjam a uma localidade específica de um município. Esse alcance aumentado da psicosfera também se observa por meio da opinião pública: mesmo pessoas que vivem longe das paisagens do ciclo do combustível geralmente têm opiniões, sejam elas corretas ou equivocadas, sobre a energia nuclear.

Figura 79 – O ciclo do combustível nuclear como meio técnico-científico-informacional.



Fonte: o autor.

Uma vez que a tecnosfera dos objetos nucleares se instalou no território brasileiro durante um regime militar autoritário entre as décadas de 1970 e 1980, restou apenas a psicosfera como lócus das disputas sobre esses objetos. É lá que se contrapõem tecnofilia e tecnofobia. É lá que um grupo considera a tecnologia nuclear segura, capaz de contribuir para a descarbonização da matriz energética e para a estabilidade dos sistemas elétricos, enquanto outro grupo denuncia suas possíveis aplicações militares, aponta os riscos de acidentes graves e os desafios da gestão de rejeitos de alta atividade. Essa disputa na psicosfera, associada à disponibilidade de capital, contribuiu para que o desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro, incluindo a expansão de sua tecnosfera, venha ocorrendo de forma espasmódica ao longo de suas sete décadas de existência.

Conclusões

A escolha de Itaorna como local para a instalação da primeira, e até o momento única, central nuclear brasileira não pode ser entendida fora do contexto global de seleção de sítios para localização de reatores nucleares. Na década de 1960, pouco após suas primeiras usinas começarem a operar comercialmente, EUA e Inglaterra apontaram como principais fatores locacionais para instalação desse tipo de empreendimento: a disponibilidade de água para resfriamento; a estabilidade do terreno; a disponibilidade de vias de acesso; a disponibilidade de rotas para linhas de transmissão; a distância dos centros populacionais; e a disponibilidade de terras (aspectos financeiros, estéticos, políticos e conservacionistas). Esses fatores foram incorporados à nascente regulamentação nuclear brasileira, fortemente baseada na americana.

Os primeiros estudos no Brasil indicaram que apenas a região Centro-Sul (estados de MG, SP, RJ e PR) possuía demanda elétrica mínima compatível com uma usina nuclear, porém isso não impediu a prospecção preliminar de sítios no Norte e no Sul do país. Originalmente se pretendia instalar a primeira usina às margens de um rio cuja vazão mínima fosse adequada e sua extensão não fosse muito longa. Isso concentrou os levantamentos de localidades na faixa costeira dos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. Posteriormente, devido a uma alteração de projeto ampliando a potência pretendida para o reator, a localização ficou restrita a locais efetivamente à beira-mar. Três áreas foram estudadas mais a fundo, todas no estado do Rio de Janeiro, são elas: Grumari (Rio de Janeiro), Ponta Negra (Maricá) e Itaorna (Angra dos Reis). Grumari e Ponta Negra se mostraram inviáveis devido aos custos de desapropriação e às condições geológicas locais, respectivamente. Itaorna atendia aos principais requisitos locacionais e foi aprovada pela Cnen para receber a usina, mediante a realização de estudos complementares.

A aprovação do local em 1970 tornou Itaorna um lugar nuclear e com significado ambíguo para diferentes grupos sociais. Se para os agentes públicos o empreendimento era um símbolo de desenvolvimento que inspirava otimismo, para as populações locais, era um símbolo de medo e incerteza, que ameaçava seu modo de vida tradicional. Ao longo das cinco décadas seguintes a Central Nuclear se

instalou e se expandiu lentamente com a construção de mais duas usinas (uma delas ainda inconclusa) e uma unidade de armazenamento de combustível nuclear irradiado. Esse processo corresponde a uma série de mudanças na estrutura do lugar, sobretudo nos domínios da natureza e das relações sociais, e implica também na transformação da paisagem ao redor do empreendimento.

Esse processo também não pode ser compreendido fora do contexto mais amplo de transformações socioespaciais pelas quais passou o município de Angra dos Reis na segunda metade do século XX. Além da Central Nuclear, Angra recebeu mais dois grandes empreendimentos: um estaleiro, no final da década de 1950, e um terminal de petróleo, no final dos anos 1970. Houve ainda a abertura do trecho Rio-Santos da Rodovia BR-101, que conectou o Rio de Janeiro à Ubatuba e consolidou a presença do capital turístico-imobiliário na região.

A decisão do regime militar de tornar Angra dos Reis, de forma quase simultânea, um polo industrial e uma região turística foi contraditória. Reatores nucleares devem ser instalados em zonas de baixa densidade demográfica, porém o turismo cria fluxos de pessoas sazonais e variáveis, que podem dificultar ações de emergência em um eventual acidente. Na indústria do petróleo, a ocorrência de vazamentos de hidrocarbonetos pode comprometer a balneabilidade e a beleza cênica da zona costeira, importantes atrativos turísticos de Angra.

A despeito das contradições, essa conjuntura fez com que a população municipal crescesse de forma acentuada entre 1960 e 2010, passando de aproximadamente 30 para 170 mil habitantes, movimento que foi acompanhando por uma intensa transição urbana. A concentração fundiária, por sua vez, manteve-se estável ao longo desse período: as pequenas propriedades são numericamente dominantes, mas correspondem a uma área total pequena, enquanto as grandes propriedades são raras, mas correspondem a maior parte da área total ocupada pelos estabelecimentos rurais.

Essas transformações socioespaciais também levaram à ascensão e à queda de paisagens energéticas. A partir da década de 1970, a produção das matas carvoeiras de Angra dos Reis praticamente desaparece, seguindo uma tendência nacional de redução no uso de lenha e carvão vegetal. Entretanto, devemos ressaltar que essa análise se baseia em dados oficiais da produção carvoeira, atividade

historicamente invisibilizada e que provavelmente nunca deixou de ocorrer de forma extraoficial nessa região, que possui extensas florestas. Um panorama mais amplo e preciso dessa paisagem energética demanda uma investigação específica, que amplie as análises documentais para além dos dados oficiais de produção de lenha e carvão vegetal, e inclua trabalhos de campo em buscas de marcas dessa atividade na paisagem.

Em escala nacional, a redução do uso de lenha e carvão como fonte de energia primária é acompanhada pelo aumento do uso de petróleo. Em Angra dos Reis isso se reflete na formação da paisagem energética do Terminal da Baía da Ilha Grande (Tebig), um significativo ponto de entrada e saída de hidrocarbonetos no Brasil. Analisando essas três paisagens angrenses em conjunto, observa-se na sequência matas carvoeiras – Tebig – Central Nuclear um contínuo crescente da densidade energética, dominância espacial e permanência temporal. Destaca-se ainda o fato de as matas serem a única paisagem que não depende de conexões com outras paisagens para desenvolver sua função energética.

A Central Nuclear tornou-se um marco na paisagem. Se por um lado ela modificou a linha de costa e criou áreas de uso urbano em Itaorna e Praia Brava, por outro lado ela criou uma área de exclusão que permitiu a regeneração da vegetação em áreas descampadas, usadas no passado como roças por caiçaras. Atualmente há indícios que esse processo de regeneração está estagnado e pode corresponder a um clímax antrópico. As condições peculiares de restrição do uso do solo devido à instalação da Central Nuclear tornam as matas próximas ao empreendimento um cenário propício para uma futura investigação, mais aprofundada, sobre a sucessão ecológica em antigas roças. Se a busca por marcas da produção carvoeira, citada anteriormente, incluir também essas matas, talvez seja possível evidenciar a sobreposição espacial de duas paisagens energéticas distintas. Um terceiro desdobramento da interpretação geral dessa paisagem seria a realização de um estudo sobre a ecologia das abundantes trepadeiras que epifitam as árvores em grande densidade.

Além da influência direta em Itaorna e arredores, a instalação da Central Nuclear contribuiu indiretamente para a transformação da paisagem no vale do Mambucaba. O conjunto de vilas residenciais construído na Praia de Mambucaba,

em Praia Brava, e a própria Central Nuclear criaram uma demanda por serviços e produtos que foi parcialmente suprida pelo crescimento desordenado do Parque Mambucaba/Parque Perequê. Nessa região limítrofe entre os municípios de Angra dos Reis e Paraty foi criada uma grande área de uso urbano às custas da conversão de vegetação e descampados. Embora existam diferenças no histórico de uso e ocupação do solo nas áreas de interesse de Itaorna e Mambucaba, nessa última também foi observada a abundância de trepadeiras. Um futuro estudo sobre esses organismos deveria incluir as duas áreas.

A paisagem energética da Central Nuclear caracteriza-se pela alta densidade energética, dominância espacial e permanência temporal. Essa última característica, no entanto, encontra-se em aberto, a depender do plano de descomissionamento e da política de armazenamento de combustível irradiado adotada pelo Brasil. Num cenário em que o descomissionamento proporcionasse o uso irrestrito da área e o combustível irradiado fosse enviado para outro local, é difícil imaginar que não houvesse uma enorme pressão para privatizar e incorporar ao mercado imobiliário os terrenos que hoje compõem a Central Nuclear. Uma alternativa para evitar esse desfecho seria preservar ao menos parte das estruturas fabris, tombá-las como patrimônio industrial, e fazer um reaproveitamento da paisagem energética voltado para o uso público.

A instalação da Central Nuclear ocorreu simultaneamente às instalações da Fábrica de Combustível Nuclear de Resende e do Complexo Mínero-industrial do Planalto de Poços de Caldas. Esses três lugares se conectam por meio do ciclo do combustível nuclear e sua existência depende de fluxos de materiais (principalmente urânio), de pessoas e de recursos financeiros, que se estabelecem (ou se estabeleciam)[74] entre eles. Concentrar esses empreendimentos no Sudeste do Brasil não apenas facilitou esse fluxo, como possibilitou que todos ficassem próximos aos principais centros de pesquisas nucleares do país e às grandes universidades das regiões metropolitanas do Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte.

[74] Com o encerramento das atividades de lavra e beneficiamento de urânio no Complexo Mínero-industrial na segunda metade da década de 1990, as etapas inicias do ciclo do combustível nuclear no Brasil passaram a ser realizadas na Unidade de Concentração de Urânio em Caetité (BA).

Diferentemente de outras paisagens energéticas que possuem uma existência autônoma, como hidroelétricas e parques eólicos, a existência das paisagens nucleares depende de uma relação de interdependência obrigatória. Essa interdependência pode estar circunscrita a um mesmo território nacional ou pode ultrapassar fronteiras. A primeira situação é rara, pois são pouquíssimos os países que dominam a tecnologia de todos os estágios do ciclo do combustível nuclear e também possuem reservas significativas de minérios radioativos (o Brasil se enquadra nesse grupo, embora atualmente não realize a conversão em escala industrial). Neste trabalho fizemos uma brevíssima menção às relações internacionais envolvendo paisagens nucleares brasileiras. Investigar de forma mais detalhada essas relações nos parece outro desdobramento pertinente para nossa pesquisa.

As três paisagens nucleares estudadas possuem alta densidade energética. Dentre elas, o Complexo Mínero-industrial é responsável pela transformação mais profunda, maior dominância espacial e permanência temporal, enquanto a Fábrica de Combustível situa-se no outro extremo. A Central Nuclear pode seguir para uma ou outra direção em função do seu plano de descomissionamento e, sobretudo, da política nacional de armazenamento para o combustível irradiado. A partir das qualificações espaciais e temporais foi possível construir pontes entre a tipologia das paisagens energéticas e a teoria relacional do lugar: paisagens dominantes e permanentes correspondem a lugares mais rarefeitos, enquanto paisagens não dominantes, dinâmicas e reversíveis correspondem a lugares mais densos. Essas pontes sugerem que a combinação teórica escolhida é adequada para investigar a questão proposta.

O conceito de nuclearidade complementou a teoria relacional do lugar na medida em que facilitou a identificação dos significados atribuídos aos objetos nucleares e das relações sociais estabelecidas com eles e entre eles. O conceito também nos alertou para o caráter transitório e variável do nuclear, facilitando as análises de evolução dos lugares.

A concepção miltoniana de espaço como meio técnico-científico-informacional pode ser um ponto de convergência entre o lugar relacional e a paisagem energética, na medida em que esses equivalem à psicosfera e à tecnosfera,

respectivamente. Na aproximação de nossa base teórica com as ideias de Milton Santos, as duas esferas também se conectam por meio da nuclearidade, na medida em que esta é tanto fruto do significado quanto das características materiais dos objetos nucleares. Por essa lógica, cada empreendimento do ciclo do combustível nuclear é um objeto geográfico inserido no meio técnico-científico-informacional.

A base teórica e metodológica escolhida para este trabalho se revelou robusta para construir uma narrativa sobre a transformação da paisagem sob influência da Central Nuclear. Ela também foi útil para entender e explicitar as conexões entre lugares e paisagens do ciclo do combustível nuclear. Uma de suas principais contribuições é justamente destacar a importância de uma análise integrada e multifatorial nesse ciclo, que muitas vezes é deixada em segundo plano nas discussões do setor elétrico. Apesar do enfoque dado à energia nuclear, acreditamos que essa base teórica e metodológica, com exceção do conceito de nuclearidade, é aplicável e útil ao setor energético como um todo.

Referências bibliográficas

ABREU, C. V. **Urbanização, apropriação do espaço, conflitos e turismo**: um estudo de caso de Angra dos Reis. 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

ABREU, M. de A. Estudo geográfico da cidade no Brasil: evolução e avaliação – Contribuição à história do pensamento geográfico brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 56, n. 1/4, p. 21–122, jan./dez. 1994.

ADAMS, C. As populações caiçaras e o mito do bom selvagem: a necessidade de uma nova abordagem interdisciplinar. **Revista de Antropologia**, v. 43, p. 145–182, 2000a.

ADAMS, C. As roças e o manejo da Mata Atlântica pelos caiçaras: uma revisão. **Interciência**, v. 25, n. 3, p. 143–150, 2000b.

ADMINISTRATION OF THE MUNICIPAL DISTRICT CITY OF OBNINSK. **Obninsk history**. 3 maio 2014. Disponível em: <www.admobninsk.ru/obninsk/gorod/history/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Estatístico aquaviário**. 2023. Disponível em: <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/index.html>. Acesso em: 21 fev. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução ANP nº 817, de 24 de abril de 2020**. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Importações e exportações**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/importacoes-e-exportacoes>. Acesso em: 19 fev. 2023.

AGRAVO REGIMENTAL NA APELAÇÃO CÍVEL Nº 78.719 – RJ. **Revista do Tribuna Federal de Recursos**, v. 160, p. 49–56, 1988.

ALEXIS-MARTIN, B.; DAVIES, T. Towards nuclear geography: Zones, bodies, and communities. **Geography Compass**, v. 11, n. 9, p. e12325, set. 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.

AMARAL, E. C. S. **Modificação da exposição à radiação natural devido a atividades agrícolas e industriais numa área de radioatividade natural elevada no Brasil**. 1992. Tese (Doutorado em Biofísica) – Instituto de Biofísica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.

AMARAL, E. C. S.; AZEVEDO, H. L. P.; MENDONÇA, A. H. Pre-operational environmental survey at the uranium mine and mill site, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 42, n. 3, p. 257–266, 1985.

AMARAL, E. C. S.; REIS, Y. G.; LAURIA, D. C. Levantamento ambiental pré-operacional nas circunvizinhanças do Complexo Industrial de Resende (CIR), RJ. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 8, p. 741–747, 1988.

ANDRADE, A. M. R. de. **A opção nuclear**: 50 anos rumo à autonomia. Rio de Janeiro: MAST, 2006.

ANGRA tem o maior terminal marítimo da América Latina. **O Fluminense**, Estado do Rio de Janeiro, ed. 2299, seç. Economia, p. 2, 1977.

ANGRA DOS REIS. **A Pesca na Baia da Ilha Grande**. Sem data. Prefeitura de Angra dos Reis. Disponível em: <https://www.angra.rj.gov.br/spe-apesca.asp?IndexSigla=SEAAP&vNomeLink=A%20Pesca%20na%20baia%20da%20Ilha%20Grande>. Acesso em: 14 nov. 2020.

ANGRA DOS REIS. Prefeitura Municipal. **Lei nº 270, de 15 de abril de 1993**. 1993. Disponível em: <https://camaraangra.siscam.com.br/Arquivos//NormaJuridica/LeiOrdinaria/9300270.html>. Acesso em: 29 dez. 2018.

ANGRA DOS REIS. Prefeitura Municipal. **Lei nº 2.089, de 23 de janeiro de 2009**. 2009. Disponível em: <https://www.angra.rj.gov.br/downloads/SMA/leis/lei_2089.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2020.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO PORTUÁRIO. Brasília: Antaq, 2000–2009.

ARAUJO, J. P. G. Uso de fotografías históricas para analizar la transformación del paisaje alrededor de la Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, Brasil. *In*: CUVI, N.; SALGADO, J. C.; DUQUE, J.; PESÁNTEZ, I. E. (org.). **Contribuciones a la historia ambiental de América Latina**: Memorias del X Simposio SOLCHA. Quito: FLACSO Ecuador, 2022. p. 328–340.

ARAUJO, J. P. G.; NUNES, R. S.; SOLÓRZANO, A. **Área de interesse Itaorna e Mambucaba, Angra dos Reis/RJ**. Rio de Janeiro, 2023a. 1 mapa. Escala 1:75.000.

ARAUJO, J. P. G.; NUNES, R. S.; SOLÓRZANO, A. **Uso e cobertura da terra Itaorna – 1966 Angra dos Reis/RJ**. Rio de Janeiro, 2023b. 1 mapa. Escala 1:32.500.

ARAUJO, J. P. G.; NUNES, R. S.; SOLÓRZANO, A. **Uso e cobertura da terra Mambucaba – 1966 Angra dos Reis/RJ**. Rio de Janeiro, 2023c. 1 mapa. Escala 1:27.500.

ARAUJO, J. P. G.; NUNES, R. S.; SOLÓRZANO, A. **Uso e cobertura da terra Itaorna – 2006 Angra dos Reis/RJ**. Rio de Janeiro, 2023d. 1 mapa. Escala 1:32.500.

ARAUJO, J. P. G.; NUNES, R. S.; SOLÓRZANO, A. **Uso e cobertura da terra Mambucaba – 2006 Angra dos Reis/RJ**. Rio de Janeiro, 2023e. 1 mapa. Escala 1:27.500.

ARAUJO, J. P. G.; SOLÓRZANO, A. Reflexões preliminares sobre paisagens energéticas brasileiras, com ênfase na energia nuclear. *In*: Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, 14., 2021, online. **Anais** [...]. Campina Grande: Realize Eventos Científicos e Editora, 2021, 20 p.

ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da Terra na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 2, p. 171–179, 2007.

ÁREA da usina nuclear está sendo preparada. **Jornal do Brasil**, Niterói, RJ, ed. 226, seç. 1º Caderno, p. 14, 1970.

BALDEZ, C. Desmonte do setor nuclear exclui Brasil do jogo no mercado global. **Conexão UFRJ**, v. 12, fev./mar. 2018.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do cidadão**. Sem data. Versão 2.0. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>. Acesso em: 30 dez. 2021.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Síntese dos padrões monetários brasileiros**. 2007. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/content/acessoinformacao/museudocs/pub/SintesePadroesMonetariosBrasileiros.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2022.

BARROS, J. G. C. **Glossário de termos geológicos e ambientais aplicados às geociências**. Brasília: ESMPU, 2006.

BARROS, R. Energia de Angra 3 deve custar o dobro da de outras usinas. **Poder 360°**, 12 fev. 2022. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/energia/energia-de-angra-3-tem-tarifa-estimada-em-cerca-de-800/>. Acesso em: 16 abr. 2022.

BEAVER, W. Duquesne Light and Shippingport: Nuclear power is born in Western Pennsylvania. **Western Pennsylvania Historical Magazine**, v. 70, n. 4, p. 339–358, 1 out. 1987.

BEGOSSI, A.; LOPES, P. F.; OLIVEIRA, L. E. C.; NAKANO, H. **Síntese do diagnóstico socioambiental das comunidades de pescadores artesanais da Baía da Ilha Grande (RJ)**. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2009.

BERNARDES, L. M. C. Elementos para o estudo geográficos das cidades (exemplos brasileiros). **Boletim Geográfico**, v. 154, p. 41–48, jan.-fev. 1960.

BESSE, J. M. **O gosto do mundo**: exercícios de paisagem. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2014.

BIASI, R. **A energia nuclear no Brasil**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército Editora, 1979.

BIERMAN, P. R.; HOWE, J.; STANLEY-MANN, E.; PEABODY, M.; HILKE, J.; MASSEY, C. A. Old images record landscape change through time. **GSA Today**, v. 15, n. 5, p. 4–10, 2005.

BIZERRIL, C. R. S. F.; COSTA, P. A. S. **Peixes marinhos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FEMAR/SEMADS, 2001.

BOISSON, G. Ampliação do terminal da Transpetro preocupa moradores e especialistas em Angra dos Reis. **RJ2**, 17 dez. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2021/12/17/ampliacao-de-terminal-da-transpetro-preocupa-moradores-e-especialistas-em-angra-dos-reis.ghtml>. Acesso em: 25 fev. 2023.

BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE. **Unidade de armazenamento complementar a seco (UAS) de combustível irradiado da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) Angra dos Reis/RJ**. Relatório Ambiental Simplificado. Porto Alegre: Bourscheid, fev. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 40.110, de 10 de outubro de 1956**. 1956. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d40110.htm>. Acesso em: 21 fev. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 47.574, de 31 de dezembro de 1959**. 1959. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/470146/publicacao/15661746>. Acesso em: 21 fev. 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1.497 de 1960**. p. 5, 3 fev. 1960.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961**. 1961. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l3890acons.htm>. Acesso em: 7 jan. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962**. 1962. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4118.htm>. Acesso em: 21 fev. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 60.890, de 22 de junho de 1967**. 1967. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-60890-22-junho-1967-402230-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 31 out. 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Resolução nº 109, de 1970**. Diário do Congresso Nacional, seção 1, n. 164 (supl.), 28 nov. 1970a.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 66.523, de 30 de abril de 1970**. 1970b. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/Atos/decretos/1970/D66523.html>. Acesso em: 6 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 66.932, de 21 de julho de 1970**. 1970c. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-66932-21-julho-1970-408613-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 23 dez. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 5.740, de 1º de dezembro de 1971**. 1971. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l5740.htm>. Acesso em: 22 maio 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 71.965, de 21 de março de 1973**. 1973. Disponível em: <http://legis.senado.leg.br/legislacao/PublicacaoSigen.action?id=494605&tipoDocumento=DEC-n&tipoTexto=PUB>. Acesso em: 23 dez. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974**. 1974. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6189.htm#:~:text=Altera>. Acesso em: 22 maio 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 77.057, de 20 de janeiro de 1976**. 1976a. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-77057-20-janeiro-1976-425903-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 24 dez. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 77.098, de 2 de fevereiro de 1976**. 1976b. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-

1979/decreto-77098-2-fevereiro-1976-425593-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 80.791, de 22 de novembro de 1977**. 1977. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-80791-22-novembro-1977-429858-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 24 dez. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 82.092, de 8 de agosto de 1978**. 1978. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-82092-8-agosto-1978-431273-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 24 dez. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 84.973, de 29 de julho de 1980**. 1980. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D84973.htm>. Acesso em: 2 out. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981**. 1981a. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6902.htm>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. 1981b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 9 abr. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Emenda Constitucional nº 25, de 15 de maio de 1985**. 1985a. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc_anterior1988/emc25-85.htm#:~:text=O>. Acesso em: 19 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 7.332, de 1º de julho de 1985**. 1985b. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/l7332.htm>. Acesso em: 19 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989**. 1989. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7804.htm#art1vii>. Acesso em: 9 abr. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 98.864, de 23 de janeiro de 1990**. 1990a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D98864.htm>. Acesso em: 2 out. 2018.

BRASIL. **Comissão parlamentar mista de inquérito destinada a apurar o Programa Autônomo de Energia Nuclear, também conhecido como "Programa Paralelo"**. Relatório final, 1990b.

BRASIL. Presidência da República. **Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011**. 2011. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm>. Acesso em: 24 jul. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 9.600, de 5 de dezembro de 2018**. 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9600.htm>. Acesso em: 13 dez. 2020.

BRASIL dominou o átomo sem ajuda. **O Estado de São Paulo**, p. 2, 12 set. 1987.

BRASIL, L. S. C. A.; QUINTEIRO, M. M. C.; PENNA-FIRME, R. Transição da paisagem no Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP): história ambiental do café à pecuária. *In*: OLIVEIRA, R. R.; RUIZ, A. D. E. (org.). **Geografia histórica do Vale do Rio Paraíba do Sul**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio, 2018. p. 169–188.

CABRAL, L. M. M. **O meio ambiente e o setor de energia elétrica brasileiro**. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2009.

CABRERA-PALMER, B.; ROTHWELL, G. Why is Brazil enriching uranium? **Energy Policy**, v. 36, n. 7, p. 2570–2577, jul. 2008.

CACHAPUZ, P. B. de B. **História da operação do sistema interligado nacional**. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2003.

CARLBOM, L.; OBRADOVIC, J.; MOJOVIC, L. Analysis of criteria and their application in site selection for nuclear power plants in Yugoslavia. *In*: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (org.). **Containment and Siting of Nuclear Power Plants** (Vienna, 3-7 April 1967). Proceedings Series. Vienna: IAEA, 1967. p. 171–181.

CARVALHO, A. V. **Entre ilhas e correntes**: a criação do ambiente em Angra dos Reis e Paraty, Brasil. 2009. Tese (Doutorado em Ambiente e Sociedade) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

CARVALHO, J. F. de. O espaço da energia nuclear no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 293–308, 2012.

CARVALHO, I.; SCOTTO, G. (org.). **Conflitos sócio-ambientais no Brasil**. v. 1. Rio de Janeiro: IBASE, 1995.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **Central nuclear de Angra**: autorização para construção e concessão. Rio de Janeiro: Furnas, mar. 1970a.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **Central nuclear de Angra**: relatório do local. Rio de Janeiro: Furnas, maio 1970b.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **Central nuclear de Angra**: desapropriação de áreas. Rio de Janeiro: Furnas, mar. 1970c.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **Itaorna 1**. 1970d. 1 fotografia.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **CNAAA antes e depois**. [200-]. 1 fotografia.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **Praia Brava 1**. 1972.1 fotografia.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **1976 – Praia Brava e Itaorna**. 1976. 1 fotografia.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **CN0402_85**. [198-]. 1 fotografia.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. **1987–Itaorna e Praia Brava 2**. 1987.1 fotografia.

CENTRAL ELÉTRICA DE FURNAS. A estratégica subestação de Angra. **Revista Furnas**, v. 331, p. 6–9, 2006.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA NUCLEAR. **Informativo RBMN**, 2º trimestre, 2020.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Estudo da cadeia de suprimento do Programa Nuclear Brasileiro**. Brasília: CGEE, 2010.

CEPOT PESQUISA DE MERCADO. **Pesquisa avaliação de impacto INB Resende/Itatiaia – RJ**. Uberlândia: CEPOT, 2015.

CHETRY, M. Crescimento demográfico e espacial de uma cidade média: Angra dos Reis. **Cadernos do Desenvolvimento Fluminense**, v. 14/15, p. 23–34, 2018.

CIPRIANI, M. **Mitigação dos impactos sociais e ambientais decorrentes do fechamento definitivo de minas de urânio**. 2002. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

CLAVAL, P. A paisagem dos geógrafos. *In*: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (orgs.). **Paisagens, textos e identidades**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2004. p. 13–74.

CLEVELAND, C. J.; MORRIS, C. Section 11 - Nuclear. *In*: CLEVELAND, C. J.; MORRIS, C. (org.). **Handbook of Energy**. Boston: Elsevier, 2014. p. 197–231.

COELHO-NETTO, A. L. Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. **Geografia Física e Dinâmica Quaternária**, v. 3, p. 21–48, 1999.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Central nuclear do Centro-Sul**: memória justificativa. Rio de Janeiro: CNEN, 1962.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Estudo da região do Grumari – estado da Guanabara – para instalação de uma usina átomo-elétrica de 300 MWe de potência**. Rio de Janeiro: CNEN, 1964a.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR**. Estudo da região de Ponta Negra – estado do Rio de Janeiro – para instalação de uma usina átomoelétrica de 300 MWe de potência**. Rio de Janeiro: CNEN, 1964b.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Informações sobre reservas e características gerais da mineralização de urânio no setor C/09**. Poços de Caldas: CNEN, 1973.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Relatório anual**. Rio de Janeiro: CNEN, 1966–1970.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Normas para escolha de locais para instalação de reatores de potência**. Resolução CNEN 09/69, jun. 1969. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm168.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2021.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Atividades de prospecção de urânio no Brasil**: 1966-1970. Rio de Janeiro: CNEN, 1974a.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Prospecção de urânio no Brasil** – 1970-1974. Rio de Janeiro: CNEN, 1974b.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Resolução CNEN 09/81. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 17679, 18 set. 1981a.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Resolução CNEN 15/81**. 13 nov. 1981b.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Resolução CNEN 06/82**. 1 jul. 1982.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Preoperational environmental monitoring of the Angra reactor site**. Rio de Janeiro: CNEN, 1983.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Resolução CNEN 08/89**. 21 jul. 1989.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Portaria nº 3, de 20 de fevereiro de 1992. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 3101, 11 mar. 1992.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Portaria nº 2, de 15 de julho de 1993. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 10304, 23 jul. 1993.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Portaria nº 344, de 7 de dezembro de 1994. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 18954, 9 dez. 1994a.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Portaria nº 372, de 30 de dezembro de 1994. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 11, 2 jan. 1995a.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Portaria nº 297 de 8 de novembro de 1995. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 18088, 13 nov. 1995b.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Portaria nº 294, de 23 de dezembro de 1996. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 28669, 27 dez. 1996.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Licenciamento de instalações nucleares**. Norma CNEN NE 1.04, dez. 2002. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm104.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2020.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Transporte, recebimento, armazenagem e manuseio de elementos combustíveis de usinas nucleoelétricas**. Norma CNEN NE 5.02, fev. 2003. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm502.pdf>. Acesso em: 20 maio 2021.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação**. Norma CNEN NN 8.01, abr. 2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm801.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Proteção física de materiais e instalações nucleares**. Norma CNEN NN 2.01, nov. 2019. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm-NN201.pdf>. Acesso em: 27 maio 2023.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Glossário do setor nuclear e radiológico brasileiro**. Rio de Janeiro: CNEN, 2021.

COMMAND OF HER MAJESTY. **A programme of nuclear power**. London: Her Majesty's Stationery Office, fev. 1955.

COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO E DE SITUAÇÃO CADASTRAL. **Prainha Sociedade Agro Industrial S.A.** Disponível em:

<https://solucoes.receita.fazenda.gov.br/servicos/cnpjreva/Cnpjreva_Comprovante.asp>. Acesso em: 23 mar. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Anuário CNT do transporte**. 2021. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2021/Aquaviario/3-3-2-2-2-/Terminais-de-uso-privativo>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA. Estado do Rio de Janeiro: áreas municipais segundo as regiões fisiográficas – 1962. **Anuário Geográfico do Estado do Rio de Janeiro**, v. 15, p. 22–23, 1962-1963.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 2548–2549, 17 fev. 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da União**, seç. 1, p. 30841–30843, 22 dez. 1997.

CORRÊA, A. M. **O sertão carioca**. Rio de Janeiro: IHGB, 1936.

CORRÊA, R. S. **Transformações socioespaciais em Angra dos Reis e Parati (RJ) de 1960/70 a 2010**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

COUTO, J. Lixo radioativo ameaça região de Poços de Caldas. **Caros Amigos**, n. 160, jul. 2010, p. 20-22.

COSTA E SILVA, A. da. **Pronunciamentos do presidente**. Brasília, DF: Biblioteca da Presidência da República, 1967.

CREED, J. C.; PIRES, D. O.; FIGUEIREDO, M. A. de O. (org.). **Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande**. Brasília, DF: MMA/SBF, 2007 (Biodiversidade, 23).

CRONON, W. The trouble with wilderness: or, getting back to the wrong nature. **Environmental History**, v. 1, n. 1, p. 7–28, 1996.

DAVIS, W. K.; ROBB, J. E. Nuclear plant siting in the United States of America. *In*: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (org.). **Containment and**

Siting of Nuclear Power Plants (Vienna, 3-7 April 1967). Proceedings Series. Vienna: IAEA, 1967. p. 3–18.

DE JONG, J.; STREMKE, S. Evolution of energy landscapes: A regional case study in the Western Netherlands. **Sustainability**, v. 12, n. 11, 4554, 3 jun. 2020.

DEMOSCOPE WEEKLY. All-Union Population Census 1959: The size of the actual population of cities and other settlements, districts, regional centers and large rural settlements as of January 15, 1959 by republics, territories and regions of the RSFSR. **Demoscope Weekly**, v. 907-908, jun.-jul. 2021. Disponível em: <www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus59_reg1.php>. Acesso em: 10 ago. 2021.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTATÍSTICA. População do Estado do Rio de Janeiro. **Anuário Geográfico do Estado do Rio de Janeiro**, v. 14, p. 98–104, 1961.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Rio-Santos: beleza ao alcance de todos. **Rodovia**, v. 294, jan./fev. 1972, p. 22–29.

DESAPROPRIADOS de Angra reclamam dos preços que Furnas atribui às terras. **Jornal do Brasil**, Niterói, RJ, ed. 156, seç. 1º Caderno, p. 15, 1970.

DRUMMOND, J. A. **Devastação e preservação ambiental no Rio de Janeiro**. Niterói: EDUFF, 1997.

ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL CONSULTORES. **Estudo de localização da usina núcleo-elétrica**: Projeto Mambucaba. Rio de Janeiro: CNEN, mar. 1961.

ELETRONUCLEAR. **Implantação e atual da CNAAA**. [200-]. 1 fotografia.

ELETRONUCLEAR. **CN0402_139**. 2001. 1 fotografia.

ELETRONUCLEAR. **Área ocupada na propriedade da Eletrobras Eletronuclear em Angra dos Reis e Paraty – RJ**. Rio de Janeiro: Eletronuclear, 2012b. 1 mapa. 1:75.000.

ELETRONUCLEAR. Licitação: Concorrência nº CN/GCM.A-001/2013. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 246. Seção 3, p. 173, 2013.

ELETRONUCLEAR. **Relatório de sustentabilidade socioambiental**. Rio de Janeiro: Eletronuclear, 2011–2017.

ELETRONUCLEAR. **Eletronuclear solicita à CNEN extensão de vida útil de Angra 1**. 7 nov. 2019. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Paginas/Eletronuclear-solicita-%C3%A0-CNEN-extens%C3%A3o-de-vida-%C3%BAtil-de-Angra-1.aspx>. Acesso em: 8 maio 2022.

ELETRONUCLEAR. **Relatório de administração e demonstrações financeiras**. Rio de Janeiro: Eletronuclear, 2019–2021.

ELETRONUCLEAR. **Relatório anual 2019**. Rio de Janeiro: Eletronuclear, 2020.

ELETRONUCLEAR. **Angra 3 e UAS são destaques do Relatório Anual 2021 da Eletronuclear**. 2022a. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Paginas/Angra-3-e-UAS-são-destaques-do-Relatório-Anual-2021-da-Eletronuclear.aspx#>. Acesso em: 21 maio 2023.

ELETRONUCLEAR. **Relatório anual 2021**. Rio de Janeiro: Eletronuclear, 2022b.

ELETROBRAS; COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Convênio CNEN-ELETROBRÁS regulando cooperação com vistas ao planejamento, construção e operação de centrais nucleares**. 26 abr. 1968.

ELETRONUCLEAR. **Angra 1**. [s. d.]. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-1.aspx>. Acesso em: 7 maio 2022.

ELETRONUCLEAR. **Angra 2**. [s. d.]. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-2.aspx>. Acesso em: 7 maio 2022.

ELETROBRAS. **Combustível nuclear**: disponibilidade, demanda e custo (Nota técnica 26). 22 dez. 1980. Rio de Janeiro: Eletrobras, 1980.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço energético nacional 2003**. Brasília: EPE, 2003.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia**. [s. d.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-nacional-de-energia-pne#:~:text=O>. Acesso em: 21 mar. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **BEN** – Séries Históricas e Matrizes. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>. Acesso em: 12 mar. 2023.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **World nuclear fuel cycle requirements**. Washington: EIA, 1984-1991.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Commercial nuclear power 1990**: Prospects for the United States and the world, n. DOE/EIA-0438(90). Washington, DC: EIA, 28 set. 1990.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **World nuclear outlook**. Washington: EIA, 1994-1995.

EPTV1. Representantes da prefeitura visitam barragens sem garantia de segurança em Caldas. **EPTV1**, 5 fev. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2019/02/05/representantes-da-prefeitura-visitam-barragens-sem-garantia-de-seguranca-em-caldas.ghtml>. Acesso em: 3 jun. 2023.

EXECUTIVA NACIONAL DA ASSIBGE-SN. **O que está em risco é a credibilidade do IBGE**. Maio, 2017. Disponível em: <https://assibge.org.br/o-que-esta-em-risco-e-a-credibilidade-do-ibge/>. Acesso em: 11 jul. 2023.

FAUX, F.; STONE, G. N. Experience in planning and siting nuclear-power stations for the Central Electricity Generating Board. *In*: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (org.). **Siting of Reactors and Nuclear Research Centres** (Bombay, 11-15 March 1963). Proceedings Series. Vienna: IAEA, 1963. p. 435–455.

FEDERAL REGISTER. **Part 100 - Reactor site criteria**. seç. 71, n. 27, p. 3509–3511, 12 abr. 1962.

FERREIRA, A. C. S. **Evolução espaço-temporal do uso de cobertura de terra e a suscetibilidade do município de Angra dos Reis aos escorregamentos de terra**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

FERREIRA JÚNIOR, H. A.; POLLIS, W. **Utilization of power reactors as a final solution to the binomial electric power and water in the Brazilian Northeast Region**. Rio de Janeiro: CNEN, 15 dez. 1964.

FOLHA ONLINE. **Entenda a polêmica sobre o enriquecimento de urânio no Brasil**. 24 nov. 2004. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/brasil/ult96u65911.shtml>. Acesso em: 7 jun. 2023.

FONSECA, P. C. D. Desenvolvimentismo: a construção do conceito. **Texto para discussão IPEA**, v. 2103, p. 66, jul. 2015.

FRAGA, J. S.; OLIVEIRA, R. R. Social metabolism, cultural landscape, and social invisibility in the forests of Rio de Janeiro. *In*: CANEVACCI, M. (org.). **Polyphonic anthropology** – Theoretical and empirical cross-cultural fieldwork. Londres: IntechOpen, 2012. p. 139–156.

FRANTÁL, B.; PASQUALETTI, M. J.; VAN DER HORST, D. New trends and challenges for energy geographies: Introduction to the special issue. **Moravian Geographical Reports**, v. 22, n. 2, p. 2–6, 29 jul. 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. **Licença de Instalação nº 037/81**. 15 set. 1981.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Mapa de conflitos injustiça ambiental e saúde no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/>. Acesso em: 8 jun. 2023.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2018-2019. Relatório Técnico. São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2020.

FUNDACIÓN DOCOMOMO IBÉRICO. **Documentación y conservación de la arquitectura y el urbanismo del movimiento moderno**. 2013. Disponível em: <http://www.docomomoiberico.com/index.php?lang=es>. Acesso em: 31 jan. 2020.

GARCIER, R. The nuclear 'renaissance' and the geography of the uranium fuel cycle. **Geography**, v. 94, n. 3, p. 198–206, 1 nov. 2009.

GOMES, R. F.; BITENCOURT, R. B.; RIBEIRO, R. J. C. Legislação edilícia e reprodução urbana periférica em sítios tombados no litoral: o caso de Paraty (RJ), Brasil. **Urbana**, v. 18, p. 26–43, 2017.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; DE GROOT, R.; LOMAS, P. L.; MONTES, C. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1209–1218, abr. 2010.

GONZALVO, C.; RÓDENAS, J. F.; ZUAZNABAR, G. Centrales nucleares y patrimonio: el caso de la Central Nuclear de Vandellòs-I (Tarragona). **Patrimonio y Desarrollo**, v. 23, dez. 2018, p. 1–23.

GREY LITERATURE NETWORK SERVICE. **GreyNet International 1992-2012**. Sem data. Disponível em: <http://www.greynet.org/greynethome.html>. Acesso em: 29 maio 2022.

GRIMSTON, M. C.; NUTTALL, W. J. The siting of UK nuclear power installations. **Energy Policy Research Group Working Paper**, v. 1321, p. 45, out. 2013.

GRUELL, G. E. **Fire and vegetative trends in the Northern Rockies**: interpretations from 1871-1982 photographs. Report No. INT-158. Ogden: Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1983.

GUANZIROLI, C. E. **Processo de produção de um espaço regional**: o caso de Angra dos Reis. 1983. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1983.

GUERRA, A. T.; JABLONSKY, T. **Aspecto da Serra do Mar**: município de Angra dos Reis. 1958a. 1 fotografia.

GUERRA, A. T.; JABLONSKY, T. **Superfície de topo plano elevado da Serra do Mar, vê-se o escarpamento**. Em 1º plano a baixada onde há cultivo de banana: vegetação de mangue: município de Angra dos Reis (RJ). 1958b. 1 fotografia.

GUERRA, A. T.; JABLONSKY, T. **Cultivo de banana, na encosta da Serra do Mar**: município de Angra dos Reis (RJ). 1958c. 1 fotografia.

GUERRA, A. T.; JABLONSKY, T. **Depósito de carvão**. 1958d. 1 fotografia.

GUERRA, A. T.; JABLONSKY, T. **Tropa de burros, transportando carvão vegetal (RJ)**. 1958e. 1 fotografia.

GUERRA, A. T.; JABLONSKY, T. **Os animais que transportam carvão vegetal (RJ)**. 1958f. 1 fotografia.

GUERRA, A. T.; JABLONSKY, T. **Caminhão carregado de carvão vegetal, vindo de Angra dos Reis, para Barra Mansa, município de Itaverá (RJ)**. 1958g. 1 fotografia.

GUIMARÃES, L. dos S. News and views: Nuclear power in Brazil. **Brazilian Journal of Physics**, v. 41, n. 2, p. 107, 22 jul. 2011.

GUIMARÃES, L. dos S. Nuclear e renováveis: descarbonização em um modelo colaborativo. **FGV Energia**: Caderno Opinião, v. 135, p. 4–10, fev. 2020.

G1 SUL DE MINAS. Carregamento de material radioativo é exportado de MG para a China. **G1 Sul de Minas**, 29 abr. 2016. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2016/04/carregamento-de-material-radioativo-e-exportado-de-mg-para-china.html>. Acesso em: 7 jun. 2023

HAESBAERT, R. Desterritorialização: entre as redes e os aglomerados de exclusão. *In*: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. (org.). **Geografia**: conceitos e temas. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 165–205.

HECHT, G. Nuclear ontologies. **Constellations**, v. 13, n. 3, p. 320–331, set. 2006.

HECHT, G. A cosmogram for nuclear things. **Isis**, v. 98, n. 1, p. 100–108, mar. 2007.

HECHT, G. **Being nuclear**: Africans and the global uranium trade. Cambridge, Mass: MIT Press, 2012.

HEIDER, M. Urânio. *In*: RODRIGUES, A. F. S. (org.). **Economia mineral do Brasil**. Brasília: DNPM, 2009. p. 70–92.

HEWLETT, R. G.; HOLL, J. M. **Atoms for peace and war (1953-1961)**: Eisenhower and the Atomic Energy Commission. Berkeley; Los Angeles: University of California Press, 1989.

HOLTEC INTERNATIONAL. **Final safety analysis report for the HI-STORM 100 cask system**, n. HI-2002444. Rev. 13. Marlton, NJ: Holtec, 31 mar. 2016.

HOLZER, W. O lugar na geografia humanista. **Revista Território** (Rio de Janeiro), n. 7, p. 67–78, dez. 1999.

HOWARD, D. C.; BURGESS, P. J.; BUTLER, S. J.; CARVER, S. J.; COCKERILL, T.; COLEBY, A. M.; GAN, G.; GOODIER, C. J.; VAN DER HORST, D.; HUBACEK, K.; LORD, R.; MEAD, A.; RIVAS-CASADO, M.; WADSWORTH, R. A.; SCHOLEFIELD, P. Energyscapes: Linking the energy system and ecosystem services in real landscapes. **Biomass and Bioenergy**, v. 55, p. 17–26, ago. 2013.

ICHIKAWA, H. Obninsk, 1955: The world's first nuclear power plant and "the atomic diplomacy" by Soviet scientists. **Historia Scientiarum**, v. 26, n. 1, p. 25–41, 2016.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **DIN-091/98**. 31 jul. 1998.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Plano de recuperação de áreas degradadas**: Unidade de concentrado de Urânio - URA, Caetité - BA, n. PL-URA-04. Caetité: INB, mar. 2013.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Planejamento do PRAD da UTM** (levantamento socioambiental). Caldas: INB, 2016a.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Plano de gerenciamento para o descomissionamento e recuperação de áreas degradadas da UTM-Caldas**. Rio de Janeiro: INB, 2016b.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Nota à imprensa**. 4 abr. 2019. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/nota-imprensa/Origem/1634>. Acesso em: 3 jun. 2023.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Relatório integrado**. Rio de Janeiro: INB, 2020–2023.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Como é feito o transporte do combustível de Resende até as usinas de Angra?** 2020. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/como-o-combustivel-e-levado-as-usinas-de-angra?Origem=1091>. Acesso: 27 maio 2023.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **CNEN concede renovação da Autorização de Operação Permanente para fábricas da INB em Resende**. 10 nov. 2021. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/cnen-concede-renovacao-da-autorizacao-de-operacao-permanente-para-fabricas-da-in/Origem/593>. Acesso em: 7 jun. 2023.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Consulta contratos**. 2022a. Disponível em: <www.inb.gov.br/Acesso-a-Informacao/Licitacoes-e-contratos/Contratos>. Acesso em: 11 jul. 2022.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **PAE 2022**: Plano de ação de emergência barragem de águas claras. Caldas: INB, 2022b.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **PAE 2022**: Plano de ação de emergência barragem de rejeitos. Caldas: INB, 2022c.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **O que é a Torta II?** 2022d. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/o-que-e-torta-2/Origem/1759>. Acesso em: 25 nov. 2022.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Após o descomissionamento de uma instalação nuclear, a área onde ela estava localizada poderá ter outro uso?** Perguntas frequentes. 6 abr. 2023. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/apos-o-descomissionamento-de-uma-instalacao-nuclear-a-area-onde-ela-estava-local?Origem=1759>. Acesso 4 jun. 2023

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Visão geral Fábrica de Combustível Nuclear – INB Resende**. Sem data. 1 fotografia.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Vista aérea**. Sem data. 1 fotografia.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Implantação – abertura da cava da mina**. Sem data. 1 fotografia.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Estudo das influências da implantação da usina nuclear em Angra dos Reis (Angra I)**. Rio de Janeiro: IBAM, maio 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ANÁLISES SOCIAIS E ECONÔMICAS. **Diagnóstico Social Participativo do Bairro Parque Mambucaba Angra dos Reis – RJ**. Rio de Janeiro: Ibase, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Geográfico do Estado do Rio de Janeiro**, v. 4, p. 173–175, 1951.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censos econômicos**: Estado do Rio de Janeiro. Série regional, v. XXIII, t. 2. Rio de Janeiro: IBGE, 1956.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**, v. XXIV. Rio de Janeiro: IBGE, 1958.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**, v. XXII. Rio de Janeiro: IBGE, 1959.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 1960**: Espírito Santo - Rio de Janeiro - Guanabara. VII Recenseamento geral do Brasil, v. I, t. XI. Rio de Janeiro: IBGE, 1960.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agrícola de 1960**: Espírito Santo - Rio de Janeiro - Guanabara. VII Recenseamento geral do Brasil, v. II, t. X, 1a parte. Rio de Janeiro: IBGE, jun. 1966a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Industrial de 1960**: Rondônia - Acre - Amazonas - Roraima - Pará - Amapá. VII Recenseamento geral do Brasil, v. III, t. I. Rio de Janeiro: IBGE, maio 1966b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Industrial de 1960**: Espírito Santo - Rio de Janeiro - Guanabara. VII Recenseamento geral do Brasil, v. III, t. V. Rio de Janeiro: IBGE, jun. 1966c.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Parati**: Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IBGE, 1967 (Coleção Monografias, 374).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agrícola de 1960**: Espírito Santo - Rio de Janeiro - Guanabara. VII Recenseamento geral do Brasil, v. II, t. X, 2a parte. Rio de Janeiro: IBGE, dez. 1969a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Angra dos Reis**: Rio de Janeiro. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1969b (Coleção Monografias, 442).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**: Rio de Janeiro. VIII Recenseamento geral do Brasil – 1970, v. III, t. XVI. Rio de Janeiro: IBGE, fev. 1974.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tipos e aspectos do Brasil**. 10. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**: Rio de Janeiro. IX Recenseamento geral do Brasil – 1980, v. 2, t. 3, n. 18. Rio de Janeiro: IBGE, ago. 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Estado do Rio de Janeiro - 1:25.000**: Base Cartográfica Contínua da Unidade da Federação do Rio de Janeiro na escala de 1:25.000. 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas/bases-cartograficascontinuas/15807-estados.html?edicao=16037>. Acesso em: 5 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão territorial brasileira – DTB**. 2022. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/23701-divisao-territorial-brasileira.html>. Acesso em: 30 maio 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agro 2017**. 2023a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 20 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico**. Tabela 202 – População residente, por sexo e situação do domicílio. 2023b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202>. Acesso em: 20 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Tabela 289 – Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo. 2023c. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>. Acesso em: 10 fev. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Tabela 1613 – Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. 2023d. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 19 maio 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de manejo do Parque Nacional da Serra da Bocaina**. 2001. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/extras/62-plano-de-manejo-e-monitorias.html>. Acesso em: 30 dez. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Licença de Operação (LO) nº 1217/2014**. 1 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Parecer 050/2012/COEND/CGENE/DILIC** – Encaminhamento para questão do projeto agroeconômico no âmbito do processo das Fábricas de Combustível Nuclear (FCN). Brasília: IBAMA, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Parecer 005340/2013** – Unificação dos Processos de Licenciamento Ambiental da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. Brasília: IBAMA, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Parecer 000014/2014 NLA/MG/IBAMA** – Licenciamento Ambiental do transporte rodoviário de torta II das Indústrias Nucleares do Brasil para fins de exportação para China. Belo Horizonte: IBAMA, 2014.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Brava e Itaorna**. Sem data. 1 foto.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Sede antiga**. Sem data. 1 foto.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Praia de Mambucaba**. Sem data. 1 foto.

INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS. **Pará nuclear power station**: Technical and economical feasibility study. Belo Horizonte: IPR, maio 1968.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. **Unidades de conservação no Brasil**. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/mapa>. Acesso: 14 dez. 2022.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Siting of reactors and nuclear research centres** (Bombay, 11-15 March 1963). Vienna: IAEA, 1963 (Proceedings Series).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY**. Containment and siting of nuclear power plants** (Vienna, 3-7 April 1967). Vienna: IAEA, 1967 (Proceedings Series).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **The radiological accident in Goiânia**. Vienna: IAEA, 1988 (Non-serial Publications).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Statute** (As amended up to 28 December 1989). Vienna: IAEA, 1989.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Significant incidents in nuclear fuel cycle facilities**. IAEA-TECDOC-867. Vienna: IAEA, 1996.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Present and future environmental impact of the Chernobyl accident**. IAEA-TECDOC-1240. Vienna: IAEA, 2001.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Scientific and technical basis for the geological disposal of radioactive wastes**, n. 413. Vienna: IAEA, 2003.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Nuclear fuel cycle information system**: A directory of nuclear fuel cycle facilities, n. 1613. Vienna: IAEA, 2009.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **The nuclear fuel cycle**. Vienna: IAEA, 2011.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **INES**: The international nuclear and radiological event scale user's manual. Vienna: IAEA, 2013 (Non-serial Publications).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Decommissioning of nuclear power plants, research reactors and other nuclear fuel cycle facilities**. Viena: IAEA, 2018. (IAEA safety standard series, n. SSG-47).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Nuclear technology review 2020**, n. GC(64)/INF/2. Vienna: IAEA, set. 2020.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Country nuclear power profile**s: Brazil. 2021. Disponível em: <https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/Brazil/Brazil.htm>. Acesso em: 20 maio 2022.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Power reactor information system**: PRIS. 10 mar. 2023. Disponível em: <https://pris.iaea.org/pris/home.aspx>. Acesso em: 11 mar. 2023.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Status and trends in spent fuel and radioactive waste management**, n. NW-T-1.14 (Rev. 1). Vienna: IAEA, 2022.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES. **Evaluations of nominations of cultural and mixed properties**. ICOMOS report for the World Heritage Committee 43rd ordinary session (Baku, 2019). Charenton-le-Pont: ICOMOS, 2019.

INTERNUCLEAR COMPANY. **A preliminary report on the possibilities of nuclear power stations for Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: CNEN, dez. 1961.

ITAIPU BINACIONAL. **Itaipu Binacional**. 2010. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br>. Acesso em: 8 jan. 2020.

JOHNSSON, R. M. F. (org.). **Diagnóstico do setor costeiro da Baía da Ilha Grande**: subsídios à elaboração do zoneamento ecológico-econômico costeiro. Versão preliminar, v. 1. Rio de Janeiro: INEA, 2015.

JOHNSTONE, P. The nuclear power renaissance in the UK: Democratic deficiencies within the 'consensus' on sustainability. **Human Geography**, v. 3, n. 2, p. 91–104, jul. 2010.

JOHNSTONE, P. Exploring nuclear geographies: from uranium mine to waste facility. *In*: SOLOMON, B. D.; CALVERT, K. E. (org.). **Handbook on the Geographies of Energy**. Cheltenham, UK/Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing, 2017. p. 72–87.

JONES, S. B. The economic geography of atomic energy: A review article. **Economic Geography**, v. 27, n. 3, p. 268–274, jul. 1951.

JORGE, R. R. Quem decide por nós é o Ibama: as contradições na convivência com as populações locais no Parque Nacional da Serra da Bocaina. *In*: RIBEIRO, H. (org.). **Olhares geográficos**: meio ambiente e saúde. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005. p. 31–64.

KASSENOVA, T. **Brazil's nuclear kaleidoscope**: An evolving identity. Washington, DC: Carnegie Endowment for International Peace, 2014.

KASSENOVA, T.; FLORENTINO, L. P.; SPEKTOR, M. **Prospects for nuclear governance in Brazil**. São Paulo: FGV School of International Relations, mar. 2020.

KEPPEL OFFSHORE & MARINE. **Keppel FELS Brasil** - About Us. 2021. Disponível em: <https://www.keppelom.com/en/print.aspx>. Aceso em: 16 jan. 2023.

KULL, C. A. Historical landscape repeat photography as a tool for land use change research. **Norwegian Journal of Geography**, v. 59, n. 4, p. 253–268, 2005.

LACERDA, W. **Em 1985, toneladas de terra desabaram sobre um laboratório da usina nuclear em Angra dos Reis**. 1985. 1 foto.

LATOUR, B. **Reassembling the social**: an introduction to actor-network-theory. New York: Oxford University Press, 2005.

LATOUR, B. **Cogitamus**: seis cartas sobre as humanidades científicas. São Paulo: Editora 34, 2016.

LE GOFF, J. **História e memória**. Campinas: Editora da Unicamp, 1990.

LEITE, M. Governo estuda criar agência nuclear. **Folha de São Paulo**, seç. Mercado, 2 set. 2008. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi0209200802.htm>. Acesso em: 7 jun. 2006.

LEITE LOPES, J. S.; ANTONAZ, D.; SILVA, G. O.; PRADO, R. M. Audiência pública em Angra dos Reis: debate em torno do licenciamento de uma usina nuclear. *In*: PALMEIRA, M.; BARREIRA, C. (org.). **Política no Brasil**: visões de antropólogos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004. p. 369–393.

LIMA, A. O.; LYRA, G. B.; ABREU, M. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; ZERI, M.; CUNHA-ZERI, G. Extreme rainfall events over Rio de Janeiro State, Brazil: Characterization using probability distribution functions and clustering analysis. **Atmospheric Research**, v. 247, 105221, p. 1–17, 2021.

MACHADO, L. O. **Angra dos Reis**: por que olhar o passado? Rio de Janeiro: Convênio Furnas-UFRJ, 1995. Disponível em: <http://gebig.org/biblioteca/angra-dos-reis-por-que-olhar-o-passado/>. Acesso em: 7 nov. 2020.

MAFRA, C. Números e narrativas. **Debates do NER**, v. 24, p. 13–25, jul./dez. 2013.

MAGRINI, A.; MACHADO, A. C.; KIELER, C.; GUIMARÃES, G. D. Os impactos da central nuclear de Angra dos Reis sobre a população local: a percepção do risco e os movimentos sociais. *In*: ROSA, L. P.; SIGAUD, L.; MIELNIK, O (org.). **Impactos de grandes projetos hidroelétricos e nucleares**: aspectos econômicos, tecnológicos, ambientais e sociais. São Paulo: Marco Zero, 1988. p. 167–178.

MAHAFFEY, J. **Atomic accidents**: A history of nuclear meltdowns and disasters: From the Ozark Mountains to Fukushima. New York: Pegasus Books, 2014.

MANFRÉ, L. A.; CRUZ, B. B.; QUINTANILHA, J. A. Urban settlements and road network analysis on the surrounding area of the Almirante Alvaro Alberto Nuclear Complex, Angra dos Reis, Brazil. **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 13, n. 1, p. 209–221, mar. 2020.

MAQUINARIA já está em Angra para obras da usina nuclear. **Jornal do Brasil**, Niterói, RJ, ed. 107, seç. 1º Caderno, p. 19, 1970.

MARINHA DO BRASIL. **Baía da Ilha Grande** – Parte Centro-Norte. 2019. 1 mapa. Escala 1:40.109.

MARKETING ASSESSORADO. **O poder da informação**. Pesquisa quantitativa, realizada com exclusividade para Eletrobras Termonuclear S.A. Eletronuclear. Rio de Janeiro: Marketing Assessorado, dez. 2010.

MAZUZAN, G. T.; WALKER, J. S. **Controlling the atom**: The beginnings of nuclear regulation 1946-1962. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1997.

MCLAUGHLIN, R. B. The evaluation of historical photographs: considerations for visual resource curators and librarians in museums and archives. **Art Documentation**: Journal of the Art Libraries Society of North America, v. 8, n. 2, p. 55–60, 1989.

MCNEILL, J. R. **Something new under the sun**: An environmental history of the twentieth-century world. New York: W. W. Norton & Company, 2001.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209–220, 2010.

MICHAELIS. **Dicionário brasileiro da língua portuguesa**. Especialista. 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/>. Acesso em: 14 out. 2021.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: A framework for assessment. 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Projeto Planalto de Poços de Caldas**: Pesquisa câncer e radiação natural: Minas Gerais-Brasil: 2004 a 2009. Belo Horizonte: SESMG, 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR; ELETROBRAS; CONSELHO DE SEGURANÇA NACIONAL. **Relatório do grupo de trabalho especial** (Decreto nº 60.890, de 22 de junho de 1967). Brasília; Rio de Janeiro: MME/CNEN/Eletrobras/CSN, set. 1967.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME/EPE, 2020.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Anuário estatístico portuário** – 2000. Brasília: MT, 2001.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **MPF assina TAC com empresa responsável pela barragem de rejeitos nucleares em Caldas (MG)**. 8 nov. 2019. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/noticias-mg/mpf-assina-tac-com-empresa-responsavel-pela-barragem-de-rejeitos-nucleares-em-caldas-mg>. Acesso em: 3 jun. 2019.

MITIDIERO JUNIOR, M. A.; BARBOSA, H. J. N.; DE SÁ, T. H. Quem produz comida para os brasileiros? 10 anos do censo agropecuário 2006. **Pegada**, v. 18, n. 3, p. 7–77, 2018.

MONBEIG, P. O estudo geográfico das cidades. **Cidades**, v. 1, n. 2, p. 277–314, 2004.

MORGAN, E. E.; SOMARUGA, J. B. Criterios aplicados en la reciente elección del emplazamiento para la primera central nucleoeléctrica argentina. *In*: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (org.). **Containment and Siting of Nuclear Power Plants** (Vienna, 3-7 April 1967). Proceedings Series. Vienna: IAEA, 1967. p. 107–118.

MRS ESTUDOS AMBIENTAIS. **Estudo de impacto ambiental – EIA da unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**. Porto Alegre: MRS, 2005.

NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS. **Relatório de impacto ambiental – RIMA**: Usina de Angra 2. Rio de Janeiro: NATRONTEC, 1998a.

NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS. **EIA – Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2, INB/CIR - Resende – RJ**. Rio de Janeiro: NATRONTEC, 1998b.

NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS. **Projeto básico ambiental Angra 2**. Levantamento fitossociológico e fauna associada. Rio de Janeiro: NATRONTEC, 1999.

NUNES, R. S. **A criação de um modelo de classificação semi-automática utilizando conhecimento geográfico**: um estudo de caso na porção setentrional do Maciço da Tijuca – RJ. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013.

OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY**. Long-term operation of nuclear power plants and decarbonization strategies**. Paris: OECD, 2021 (Nuclear Development).

OKRENT, D. **On the history of the evolution of light water reactor safety in the United States**. Los Angeles: University of California, [1978].

OLIVEIRA, R. R. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. **Rodriguésia**, v. 53, n. 82, p. 33–58, 2002.

OLIVEIRA, R. R. “Fruto da terra e do trabalho humano”: paleoterritórios e diversidade da Mata Atlântica no Sudeste brasileiro. **Revista de História Regional**, v. 20, n. 2, p. 277–299, 2015.

OLIVEIRA, R. R.; ENGEMANN, C. História da paisagem e paisagens sem história: a presença humana na Floresta Atlântica do Sudeste Brasileiro. **Esboços**: histórias em contextos globais, v. 18, n. 25, p. 9–31, 23 jun. 2011.

OLIVEIRA, R. R.; FRAGA, J. S. Metabolismo social de uma floresta e de uma cidade: paisagem, carvoeiros e invisibilidade social no Rio de Janeiro dos séculos XIX e XX. **GeoPUC**, v. 7, p. 1–18, 2011.

OLIVEIRA, R. R.; FRAGA, J. S.; SALES, G. P. S.; COELHO-NETTO, A. L. Perda de funções ecológicas em florestas de encosta de Angra dos Reis, RJ. **Pesquisas, Botânica**, v. 63, p. 41–53, 2012.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Mapa dinâmico do SIN**. 2023. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 26 maio 2023.

OPINIÃO INFORMAÇÃO ESTRATÉGICA. **Relatório de pesquisa quantitativa**: Rio de Janeiro, Angra dos Reis e Paraty. Brasília: Opinião, fev. 2019.

OUR WORLD IN DATA. **Uranium production**. 2023. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/uranium-production?time=1984&region=SouthAmerica>. Acesso em: 28 maio 2023.

PASCUAL, F.; ALONSO, A.; NOREÑA, S.; SEVILLA, A. Los emplazamientos de las primeras centrales nucleares españolas. *In*: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (org.). **Containment and Siting of Nuclear Power Plants** (Vienna, 3-7 April 1967). Proceedings Series. Vienna: IAEA, 1967. p. 93–105.

PASQUALETTI, M. J. Nuclear energy. *In*: CALZONETTI, F. J.; SOLOMON, B. D. (org.). **Geographical Dimensions of Energy**. The GeoJournal Library. Dordrecht: Springer Netherlands, 1985. p. 27–40.

PASQUALETTI, M. J. The dissemination of geographical findings on nuclear power. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 11, n. 3, p. 326–336, 1986.

PASQUALETTI, M. J. Introducing the geosocial context of nuclear decommissioning: Policy implications in the U.S. and Great Britain. **Geoforum**, v. 20, n. 4, p. 381–396, jan. 1989.

PASQUALETTI, M. J. **History of energy landscapes**. 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/265598585>. Acesso em: 22 jun. 2019.

PASQUALETTI, M. J.; PIJAWKA, K. D. Unsiting nuclear power plants: decommissioning risks and their land use context. **The Professional Geographer**, v. 48, n. 1, p. 57–69, 1 fev. 1996.

PASQUALETTI, M. J.; ROTHWELL, G. Who pays to close a nuke? **Public Utilities Fortnightly**, 15 jan. 1993.

PASQUALETTI, M. J.; STREMKE, S. Energy landscapes in a crowded world: A first typology of origins and expressions. **Energy Research & Social Science**, v. 36, p. 94–105, fev. 2018.

PAUL, G. S.; YAVITT, J. B. Tropical vine growth and the effects on forest succession: a review of the ecology and management of tropical climbing plants. **The Botanical Review**, v. 77, p. 11–30, 2011.

PIQUET, R. **Cidade-empresa**: presença na paisagem urbana brasileira. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1998.

PIR2 CONSULTORIA AMBIENTAL. **Linha de transferência de água de formação e emissário para escoamento de efluentes industriais tratados do Terminal da Baía de Ilha Grande (TEBIG), Angra dos Reis, RJ**. Relatório de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro: PIR2, 2009.

PLANEJAMENTO AMBIENTAL E ARQUITETURA LTDA. **EIA/RIMA Complexo uranífero mínero-industrial de Lagoa Real, Caetité/BA**. Relatório de Impacto Ambiental, Volume IV. Salvador: Planarq, mar. 1997.

POÇOS, a unidade inviável. **Jornal do Brasil**, São Paulo, SP, ed. 100, seç. 1º Caderno, p. 12, 1988.

PRADO, L. C. **The outlook for Brazil and for the developing countries**. Vienna: IAEA, 1966.

PETROBRAS. **Terminal Campos Elíseos**. Sem data. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/terminais-e-oleodutos/terminal-campos-eliseos.htm>. Acesso em: 20 fev. 2023.

PETROBRAS. **Edital de concorrência pública para alienação de bens imóveis compartilhado/CSS/SPI Nº 0002/2017**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2017.

PETROBRAS. **Edital de concorrência pública para alienação de bens imóveis compartilhado/CSAD/SPID/SRAI 018/2021**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2022a.

PETROBRAS. **Edital de concorrência pública para alienação de bens imóveis compartilhado/CSAD/SPID/SRAI 019/2021**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2022b.

PETROS'YANTS, A. M. A pioneer of nuclear power. **IAEA Bulletin**, v. 26, n. 4, p. 42–46, dez. 1984.

RAMILO, D. I. Cortinas forestales. *In*: SHARRY, S. E.; STEVANI, R. A.; GALARCO, S. P. (org.). **Sistemas agroforestales en Argentina**. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, 2022. p. 87–132.

RASMUSSEN, A. G.; VOTH, K. **Repeat photography monitoring made easy**. Logan: Utah State University, 2001. Disponível em: <http://region8water.colostate.edu/PDFs/RPMME.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2019.

RIBEIRO, J. R. **Meio ambiente, desenvolvimento e democracia**: SAPE, a difícil trajetória do movimento ambientalista em Angra dos Reis. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

RICHARDS, B. Technophobia and technophilia. **British Journal of Psychotherapy**, v. 10, n. 2, p. 188–195, dez. 1993.

RICHTER, D.; GRÜN, R.; JOANNES-BOYAU, R.; STEELE, T. E.; AMANI, F.; RUÉ, M.; FERNANDES, P.; RAYNAL, J.-P.; GERAADS, D.; BEN-NCER, A.; HUBLIN, J.-J.; MCPHERRON, S. P. The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age. **Nature**, v. 546, n. 7657, p. 293–296, jun. 2017.

RIO DE JANEIRO. Governo do Estado. **Decreto-Lei nº 1.056, de 31 de dezembro de 1943** (Anexo nº 2). p. 3–17, 1943.

RIO DE JANEIRO. Governo do Estado. **Decreto-Lei nº 134, de 16 junho de 1975**. 1975. Disponível em: <alerjln1.alerj.rj.gov.br/decest.nsf/83b1e11a446ce7f7032569ba0082511c/20e029cb4455f7dc03256b6d00638572?OpenDocument>. Acesso em: 2 abr. 2022.

RIO DE JANEIRO. Governo do Estado. **Decreto nº 1.633, de 21 de dezembro de 1977**. 1977.

RIO DE JANEIRO. Vice Governadoria do Estado. **Mapa Rodoviário**. Rio de Janeiro: Departamento de Estradas de Rodagem, 2020.

RITCHIE, H.; ROSER, M.; ROSADO, P. Energy. **OurWorldInData.org**. 2022. Disponível em: <https://ourworldindata.org/energy>. Acesso: 22 maio 2023.

ROSE, T.; SWEETING, T. How safe is nuclear power? A statistical study suggests less than expected. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 72, n. 2, p. 112–115, 2016.

SACK, R. D. The power of place and space. **Geographical Review**, v. 83, n. 3, p. 326–329, 1993.

SACK, R. D. **Homo geographicus**: a framework for action, awareness, and moral concern. Baltimore; London: Johns Hopkins University Press, 1997.

SACK, R. D. The geographic problematic: Empirical issues. **Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography**, v. 55, n. 3, p. 107–116, 1 jan. 2001.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: Conceitos e Métodos. 3. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2020.

SANTOS, A. P. dos. **Lago de memórias**: a submersão das Setes Quedas. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em História) – Departamento de História, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo**: globalização e meio técnico-científico-informacional. São Paulo: Hucitec, 1994.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, R. L. P. dos; ROSA, L. P.; AROUCA, M. C.; RIBEIRO, A. E. D. The importance of nuclear energy for the expansion of Brazil's electricity grid. **Energy Policy**, v. 60, p. 284–289, set. 2013.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. *In*: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (org.). **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998 [1925]. p. 12–74.

SECOR, A. J. Social surveys, interviews, and focus groups. In: GOMEZ, B.; JONES III, J. P. (org.). **Research methods in Geography**. West Sussex: Wiley-Blackwell, 2010. p. 194–205.

SHIRVAIKAR, V. V.; GANGULY, A. K. Containment and power-reactor siting. *In*: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (org.). **Siting of Reactors and Nuclear Research Centres** (Bombay, 11-15 March 1963). Proceedings Series. Vienna: IAEA, 1963. p. 211–244.

SILVA, C.; PIMENTEL, L. C. G.; LANDAU, L.; FILHO, P. F. L. H.; GOBBO, F. G. R.; DE JESUS DE SOUSA, P. Supportive elements to the decision-making process in the emergency planning of the Angra dos Reis Nuclear Power Complex, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 3, 133, fev. 2017.

SILVA, G. O. **Angra I e a melancolia de uma era**: um estudo sobre a construção social do risco. Niterói: EDUFF, 1999.

SILVA, G. O. Expertise e participação da população em contexto de risco nuclear: democracia e licenciamento ambiental de Angra 3. **Dados**, v. 52, p. 770–805, 2009.

SILVA, R. A. Aglomerados subnormais: definição, limitações e críticas. **GeoUECE**, número especial, p. 26 – 40, dez. 2014.

SILVA, R. O. **Roda de memória Usina Termoelétrica Candiota I – Usina Velha**: contribuição à história do patrimônio industrial de Candiota/RS. 2018. Monografia (Especialização em Patrimônio Cultural) – Centro de Artes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

SILVA, W. L.; DERECZYNSKI, C.; CHOU, S. C.; CAVALCANTI, I. Future changes in temperature and precipitation extremes in the state of Rio de Janeiro (Brazil). **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 4, p. 353–365, 2014.

SIQUEIRA, M. M.; CIPRIANI, M.; SOUZA, M. J. S.; CORRÊA, S. M. B. B. Radioatividade: imaginário social e gestão de risco. **Revista de Administração Pública**, v. 37, n. 2, p. 427–442, mar.-abr. 2003.

SIQUEIRA, P. **Genocídio dos caiçaras**. 3. ed. São Paulo: Scortecci, 2019.

SMIL, V. World history and energy. *In*: CLEVELAND, C. J. (org.). **Encyclopedia of Energy**. Amsterdam: Elsevier, 2004. v. 6, p. 549–561.

SMIL, V. **Energy in nature and society**: general energetics of complex systems. Cambridge; London: MIT Press, 2008.

SMIL, V. Nuclear electricity: a successful failure. **IEEE Spectrum**, v. 53, n. 10, p. 24, out. 2016.

SOCIEDADE CIENTÍFICA DA ESCOLA NACIONAL DE CIÊNCIAS ESTATÍSTICAS. **Análise do Ambiente Socioeconômico da Área de Influência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAAA**. Relatório consolidado, v. 2, t, 1, 2002a.

SOCIEDADE CIENTÍFICA DA ESCOLA NACIONAL DE CIÊNCIAS ESTATÍSTICAS. **Mapa síntese: área de influência direta – 15km**. Rio de Janeiro, 2002b. 1 mapa. Escala 1:50.000.

SOLOMON, B. D. Land use and nuclear power: an introduction. **Land Use Policy**, v. 5, n. 1, p. 2–6, jan. 1988.

SOLÓRZANO, A.; OLIVEIRA, R. R.; LAZOS-RUIZ, A. E. Landscape reading methodology of urban forests: interpreting past and current socioecological interactions in Rio de Janeiro. **Guarapuava**, v. 6, n. 1, p. 211–224, 2016.

SOLVING CONSULTORIA EM TURISMO. **Plano diretor de desenvolvimento turístico do município de Paraty**. Inventário Turístico, Volume I – Aspectos gerais. Paraty: Prefeitura Municipal de Paraty, 2003.

SOUZA, E. B. C. de; SILVA, J. F. M. da. Dinâmica socioespacial do município de Guaíra (PR) após o fim das Sete Quedas. **Redes**, v. 16, n. 1, p. 5–18, 27 jan. 2011.

STUMBO FILHO, L. M.; PEREIRA, E. G. S.; RICHTER, M. Análise da ocupação urbana e da percepção dos moradores frente à infraestrutura local no loteamento

Parque Mambucaba em Angra dos Reis – RJ. **Revista Tamoios**, v. 14, n. 1, p. 140–157, 2018.

SÚCAR, F. S. Determinación y análisis de emplazamientos posibles para una central nucleoeléctrica que entregue energía a la red central de México. *In*: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (org.). **Containment and Siting of Nuclear Power Plants** (Vienna, 3-7 April 1967). Proceedings Series. Vienna: IAEA, 1967. p. 191–202.

TAGIL, N. **Carta de Nizhny Tagil sobre o património industrial**. The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage (TICCIH) 17 jul. 2003. Disponível em: <https://ticcih.org/wp-content/uploads/2013/04/NTagilPortuguese.pdf>. Acesso em: 22 maio 2023.

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **La memoria biocultural**: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Barcelona: Icaria Editorial, 2008.

TRANSPETRO. **Terminais aquaviários**. Sem data. Disponível em: <https://transpetro.com.br/transpetro-institucional/nossas-atividades/dutos-e-terminais/terminais-aquaviarios/angra-dos-reis-rj.htm>. Acesso em: 20 fev. 2023.

UNITED KINGDOM. **Atomic Energy Act 1946**. 1946. Disponível em: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/Geo6/9-10/80/enacted>. Acesso em: 29 ago. 2021.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **Safety guidelines and good industry practices for oil terminals**. New York; Geneva: UNECE, 2015.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Decisions adopted during the 43rd session of the World Heritage Committee (Baku, 2019)**. Paris: UNESCO, 2019.

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION. **Major activities in the atomic energy programs**. July-December 1953. Washington: United States Government Printing Office, jan. 1954a.

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION. **Sixteenth semiannual report of the Atomic Energy Commission**. July 1954. Washington: United States Government Printing Office, jul. 1954b.

UNITED STATES OF AMERICA. **Atomic Energy Act of 1946**. Public Law 585. seç. Chapter 724, p. 1–21, 1 ago. 1946.

UNITED STATES OF AMERICA. **Atomic Energy Act of 1954**. Public Law 703. seç. Chapter 1073, p. 919–961, 30 ago. 1954.

UNITED STATES NATIONAL REGULATORY COMISSION. **Decommissioning nuclear power plants**. 2018. Disponível em: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/decommissioning.html>. Acesso em: 30 jan. 2020.

USINA nuclear emprega quem tinha mêdo dela e acelera sua obra em Angra dos Reis. **Jornal do Brasil**, Niterói, RJ, ed. 215, seç. 1º Caderno, p. 36, 1970.

VAN DE GRAAFF, S. **Much ado about nothing? The rhetoric and reality of the nuclear renaissance**. 2016. 225 f. Tese (Doutorado em Ciência Política e Estudos Internacionais) – School of Political Science and International Studies, University of Queensland, Queensland, Australia, 2016.

VP ECOLOGIA INDUSTRIAL. **Diagnóstico ambiental de flora terrestre em três áreas próximas à Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**. Diagnóstico da Flora – Relatório 1. Taubaté: VP Ecologia, 2018a.

VP ECOLOGIA INDUSTRIAL. **Diagnóstico ambiental de flora terrestre em três áreas próximas à Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**. Monitoramento da Flora – Relatório 2. Taubaté: VP Ecologia, 2018b.

VP ECOLOGIA INDUSTRIAL. **Diagnóstico ambiental de flora terrestre em três áreas próximas à Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**. Relatório final. Taubaté: VP Ecologia, 2019.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Nuclear fuel cycle overview**. abr. 2021a. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/introduction/nuclear-fuel-cycle-overview.aspx>. Acesso em: 12 jun. 2022.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Nuclear power reactors**. 2021b. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx>. Acesso em: 28 maio 2021.

Apêndice A

Roteiro para entrevista com especialistas em temas relacionados à transformação da paisagem sob influência da Central Nuclear de Angra dos Reis.

Nome do entrevistado: _____

Formação acadêmica: _____

Instituição: _____

Cargo: _____

Data da entrevista: _____

Hora inicial/final: _____

Gravação (S/N): _____

Perguntas:

1) Você acredita que os empreendimentos relacionados à geração de energia alteram a paisagem? Se sim, de que forma? Poderia dar exemplos?
2) Qual a primeira ideia que lhe ocorre ao ouvir falar ou ler sobre a Central Nuclear? Que associações mentais você faz ao pensar neste empreendimento?
3) Como você vê a Central Nuclear na história de Angra dos Reis?
4) Como a Central Nuclear afetou/afeta o desenvolvimento de Angra dos Reis?
5) Como a Central Nuclear afetou/afeta a paisagem de Angra dos Reis?
6) Como a Central Nuclear afetou/afeta as relações sociais de Angra dos Reis?
7) Além de Angra, a Central Nuclear se relaciona com outros municípios? Quais? Como?
8) Você consegue estabelecer relações entre a Central Nuclear e algum outro empreendimento do setor de energia? Indique o(s) empreendimento(s) e as relações.
9) Recomenda alguma referência bibliográfica sobre a Central Nuclear?
10) Indica alguma outra pessoa para falar sobre a Central Nuclear?