



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MARCELO HENRIQUE VIANA SOARES

SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA FRENTE À FRAGILIDADE AMBIENTAL
NO DISTRITO COSTEIRO DO PECÉM (SÃO GONÇALO DO AMARANTE –
CEARÁ)

FORTALEZA

2018

MARCELO HENRIQUE VIANA SOARES

SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA FRENTE À FRAGILIDADE AMBIENTAL NO
DISTRITO COSTEIRO DO PECÉM (SÃO GONÇALO DO AMARANTE – CEARÁ)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos
Co-orientadora: Prof. Dr^a. Wendy Jepson

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S655s Soares, Marcelo Henrique Viana.
Segurança hídrica doméstica frente à fragilidade ambiental no distrito costeiro do Pecém (São Gonçalo do Amarante - Ceará) / Marcelo Henrique Viana Soares. – 2018.
135 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos.
Coorientação: Profa. Dra. Wendy Jepson.
1. Água. 2. Análise ambiental. 3. Meio urbano. 4. Abastecimento humano. 5. Pecém. I. Título.
- CDD 910
-

MARCELO HENRIQUE VIANA SOARES

SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA FRENTE À FRAGILIDADE AMBIENTAL NO
DISTRITO COSTEIRO DO PECÉM (SÃO GONÇALO DO AMARANTE – CEARÁ)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Wendy Jepson (Co-orientadora)
Texas A&M University (TAMU)

Prof. Dr. Davis Pereira de Paula
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Daniel Dantas Moreira Gomes
Universidade de Pernambuco (UPE)

As minhas avós, Terezinha de Albuquerque Viana e Maria Alaide Soares (*in memoriam*) e ao meu avô paterno, Antônio Djacy Soares.

A comunidade do Pecém.

AGRADECIMENTOS

Para além do esforço individual, a conclusão deste trabalho só foi possível por meio do suporte emocional e técnico de várias pessoas e instituições, as quais agradeço a seguir.

A minha família, em especial a minha mãe Francisca Maria e ao meu irmão Flávio Augusto, pelo amor, apoio e a compreensão de minha ausência em diversos momentos.

A minha namorada Gabriela Santos, que durante todo o trajeto, sempre com amor e companheirismo, me apoiou e me deu forças para superar as adversidades.

Ao meu orientador, Jader Santos, pelo incentivo, confiança e partilha de experiências e conhecimentos, proporcionando meu amadurecimento acadêmico-profissional.

A minha co-orientadora Wendy Jepson, pela oportunidade de enxergar novos horizontes, ao me introduzir em uma nova linha de pesquisa e na literatura acadêmica estrangeira.

A banca examinadora, pelas valiosas contribuições para o aprimoramento do trabalho.

A Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao seu Departamento de Geografia, pela infraestrutura disponível para a realização da pesquisa e por proporcionar um ambiente plural e receptivo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFC, constituído por seu corpo técnico, docente e discente (turma 2016.2). Agradeço aos aprendizados e as experiências vivenciadas durante as disciplinas, eventos e no cotidiano.

Ao Laboratório de Cartografia (Labocart) pelas amizades, conhecimentos e experiências adquiridas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela bolsa de pesquisa concedida.

A National Science Foundation – Estados Unidos (NSF), pelo financiamento do projeto de segurança hídrica (Urban Water Provisioning Systems and Household Water Security).

Aos integrantes dos laboratórios do Departamento de Geografia da UFC, bolsistas e voluntários da graduação, bem como da pós-graduação, que colaboraram na aplicação dos formulários.

A Caroline Lima, pelo compartilhamento de saberes e experiências durante a aplicação dos questionários, nas atividades na área de estudo e no desenvolvimento da pesquisa.

A Flávia Dantas, pela tabulação dos dados dos formulários.

A dona Arandi, da Associação das Famílias do Pecém (ASFAP), pela presteza e por todo o suporte oferecido para a execução das etapas da pesquisa.

A comunidade do Pecém, pela receptividade e a confiança cedida, em especial aqueles que participaram da aplicação dos formulários e das entrevistas.

Aos meus orientadores da graduação, Fábio Souza e Ernane Cortez, com os quais dei meus primeiros passos no mundo da ciência. Agradeço por todo o incentivo dado para que encarasse essa etapa.

Ao Lucas Soares, pelo acolhimento em Fortaleza durante o período inicial do mestrado.

A Larissa Freitas, pelo suporte durante a fase de seleção do mestrado.

Aos órgãos governamentais pela disponibilização dos dados necessários ao desenvolvimento da dissertação, em especial a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

As amizades construídas durante a divisão de moradia em Fortaleza (Davyd, Ezequiel, Fábio e Cirlânio). Agradeço pelo compartilhamento dos desafios pessoais-acadêmicos inerentes aos pós-graduandos bolsistas que residem fora de suas cidades.

Por fim, agradeço a todas as demais pessoas e instituições, que de forma direta ou indireta, me ajudaram a vencer todos os obstáculos para chegar até o final desta jornada e para a concretização desta pesquisa. Muito obrigado a todos vocês.

“Era tudo muito bonito
Bonito ao seu natural
Pobre era minha terra
Mas rica de fé, coco e sal.

...

Nossa praia era
Uma criança enfeitada
Coberta de areia
Com mais de cem jangadas.

...

Logo muito cedinho
Jangadas no mar entrava
Quando era à tardinha
Com muitos peixes voltava.”

(AZEVEDO, 1998)

RESUMO

Na atualidade, muitas cidades caracterizam-se pela intensa pressão sobre os recursos naturais e pelas deficiências dos sistemas de abastecimento de água. Os desafios relacionados a essas questões têm despertado, ao longo do tempo, a atenção de múltiplos setores, resultando nas concepções de segurança hídrica e fragilidade ambiental. Dada a relevância desses temas, esta pesquisa buscou verificar se a fragilidade dos espaços naturais e antropizados da sede do distrito do Pecém representavam ameaças à segurança hídrica da população. Assim, partiu-se de uma base teórica-metodológica sobre segurança hídrica doméstica e fragilidade ambiental urbana, recorrendo-se a diversas etapas, como aplicação de 255 formulários em residências, avaliação de documentos alusivos à infraestrutura hídrica local, análise de variáveis socioambientais nos SIGs QGIS e ArcGIS® e incursões a campo. Por meio deste percurso, observou-se que 82% dos domicílios utilizam sistemas híbridos de provisão, tendo em vista o emprego conjunto das fontes (rede geral, poços e águas envasadas). Notou-se também que a maior parte das famílias sofrem com problemas estruturais que afetam o acesso e a qualidade das águas. Referente à fragilidade ambiental, mais da metade do território está situado em espaços com melhores condições de estabilidade, associados aos tabuleiros pré-litorâneos e em algumas porções de dunas fixas, sendo estes os compartimentos com maior concentração populacional. Mediante a análise integrada dos objetos de estudo, constatou-se que a fragilidade do ambiente não atua como um fator limitante à segurança hídrica dos agregados familiares do Pecém.

Palavras-chave: Água. Análise ambiental. Meio urbano. Abastecimento humano. Pecém.

ABSTRACT

Nowadays, many cities are characterized by intense pressure on natural resources and deficiencies in their water supply systems. The challenges related to these questions, along time, have captured the attention of multiple fields, resulting in concepts of water security and environmental fragility. Given the relevance of these themes, this research aimed to verify if the fragility in natural and anthropized areas of the company office in Pecém district constituted a threat to the population's water security. Therefore, we started with a theoretical-methodological basis on domestic water security and urban environmental fragility, relying on several resources, such as the application of 255 forms in households, the evaluation of documents concerning local water infrastructure, the analysis of socioenvironmental variables in the GIS QGIS and ArcGIS®, and field excursions. Through those resources, it was observed that 82% of households use hybrid supply systems, considering the combined use of sources (general network, wells and bottled water). It was also noted that most families suffer structural problems that affect water access and quality. Concerning environmental fragility, over half the territory is located in areas with better stability conditions, associated to pre-coastal plateaus and some areas of fixed dunes, which have the highest population concentration. Through the integrated analysis of the study objects, it was determined that environmental fragility doesn't act as a limiting factor on the water security in Pecém's family clusters.

Keywords: Water. Environmental analysis. Urban setting. Human provision. Pecém.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de localização da área de estudo.....	25
Figura 2	– Área urbana do Pecém nos anos de 1972 e 2017.....	28
Figura 3	– Fotografia aérea demonstrado o predomínio de solo urbano na área de estudo.....	29
Figura 4	– Lagoa do Pecém em novembro de 2017.....	30
Figura 5	– Estação de Tratamento de Água (ETA) do SAA Pecém.....	31
Figura 6	– Evolução conceitual-metodológica do modelo de fragilidade ambiental urbana.....	36
Figura 7	– Interação entre os domínios conceituais para atingir um status de segurança hídrica doméstica.....	45
Figura 8	– Aspectos teóricos-metodológicos da abordagem de segurança hídrica doméstica selecionada no estudo.....	47
Figura 9	– Fluxograma teórico-metodológico da pesquisa.....	60
Figura 10	– Dinâmica eólica dos campos de dunas do litoral do Pecém.....	62
Figura 11	– Compartimentação geomorfológica do sítio urbano do Pecém.....	64
Figura 12	– Representação morfológica tridimensional e perfil topográfico-geomorfológico da porção NE – SE da área de estudo.....	65
Figura 13	– Gerações de dunas no setor urbano do Pecém e entorno.....	67
Figura 14	– Tabuleiros pré-litorâneos em área fortemente antropizada, no bairro Planalto Pecém.....	68
Figura 15	– Tabuleiros em área de expansão urbana, no loteamento Porto Pecém.....	69
Figura 16	– Unidades de fragilidade ambiental do sítio urbano do Pecém.....	70

Figura 17 – Unidades de fragilidade potencial de categoria média, situadas em tabuleiros pré-litorâneos, em setores predominantemente impermeáveis (A) e em locais semiurbanizados (B)	73
Figura 18 – Unidades de fragilidade potencial de estágios muito forte localizadas em áreas de transição de tabuleiros e planície fluviomarinha.....	74
Figura 19 – Setor de terraço fortemente urbanizado suscetível a alagamentos (A) e terraços marinhos de fragilidade emergente média, com cobertura vegetal preservada (B).....	75
Figura 20 – Dunas fixas de fragilidade emergente forte.....	76
Figura 21 – Faixa de praia e pós-praia localizada adiante do núcleo urbano do Pecém classificada como fragilidade emergente muito forte.....	77
Figura 22 – Duna móvel associada a unidade de fragilidade emergente muito forte.....	77
Figura 23 – Planície lacustre classificada como de fragilidade emergente muito forte.....	78
Figura 24 – Planície fluviomarinha, unidade de fragilidade emergente muito forte.....	78
Figura 25 – Sobreposição das unidades de fragilidade ambiental com o espaço físico da área de estudo.....	80
Figura 26 – Distribuição dos formulários de segurança hídrica doméstica aplicados nos setores residenciais da área de estudo.....	82
Figura 27 – Densidade populacional no núcleo urbano do Pecém.....	84
Figura 28 – Vista aérea do Planalto Pecém.....	85
Figura 29 – Rua São Luiz de Gonzaga no Centro do Pecém, na década de 1960.....	86
Figura 30 – Processo de desapropriação no setor I.....	87
Figura 31 – Vista aérea do loteamento Porto Pecém, evidenciando a baixa ocupação residencial e a presença de algumas infraestruturas.....	88
Figura 32 – Manancial utilizado para a provisão (A), medidores de consumo residencial (B) e aviso na lagoa informando se tratar de uma área restrita ao abastecimento público (C)	89

Figura 33 – Mapa da rede de distribuição do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do núcleo urbano do Pecém.....	89
Figura 34 – Distribuição dos poços presentes nas residências consultadas.....	92
Figura 35 – Tipos de poços utilizados pelas famílias (A e B) e o arranjo construtivo de um poço profundo de natureza tubular (C)	93
Figura 36 – Garrações de água de 20 l comercializados por vendedores formais.....	94
Figura 37 – Riachos presentes na área de estudo utilizados para a lavagem de vestuários.....	95
Figura 38 – Distribuição das residências investigadas com acesso a rede geral e caracterização quanto a oferta de água.....	105
Figura 39 – Caracterização do fluxo da rede geral de água nos setores mais adensados: Planalto Pecém, Vila Gorete e Centro.....	107
Figura 40 – Frequência de interrupções nos domicílios com acesso a rede geral no período de janeiro a julho de 2017.....	109
Figura 41 – Frequências de interrupções no abastecimento nos setores Vila Gorete e Planalto Pecém.....	111
Figura 42 – Alterações no espelho d'água da lagoa do Pecém ao longo do século XX e nos últimos anos.....	117
Figura 43 – Meios de armazenamento de água presentes nos domicílios consultados.....	119
Figura 44 – Formas de tratamento de água utilizada em alguns domicílios.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Porcentagem de domicílios conectados à rede geral de água no Ceará, em São Gonçalo do Amarante e no Pecém, nos anos 2000 e 2010.....	20
Tabela 2	– Fontes de abastecimento empregadas pelas residências no distrito do Pecém.....	20
Tabela 3	– Níveis de fragilidade ambiental associado as classes de declividade.....	52
Tabela 4	– Fragilidade da componente pedológica frente aos efeitos da urbanização.....	53
Tabela 5	– Categorias de fragilidade frente aos níveis de urbanização.....	54
Tabela 6	– Distribuição das unidades de fragilidade ambiental no núcleo urbano do Pecém.....	71
Tabela 7	– Distribuição dos formulários de segurança hídrica nos setores delimitados.....	83
Tabela 8	– Meios de abastecimento presentes nos domicílios avaliados.....	95
Tabela 9	– Resultados das análises do monitoramento da qualidade da água do SAA do Pecém no ano de 2017.....	99
Tabela 10	– Oferta e demanda do SAA Pecém.....	125
Tabela 11	– Projeção populacional do distrito do Pecém (2012 a 2031).....	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorização das unidades de fragilidade ambiental.....	33
Quadro 2 – Aspectos dos domínios conceituais da segurança hídrica.....	39
Quadro 3 – Dados cartográficos de apoio à pesquisa.....	50
Quadro 4 – Síntese das unidades de fragilidade ambiental.....	72
Quadro 5 – Conceituação dos parâmetros avaliados.....	100
Quadro 6 – Interrupções no SAA do Pecém no ano de 2017, com destaque para as suspensões dentro do recorte temporal analisado.....	113
Quadro 7 – Aspectos da fragilidade ambiental e da segurança hídrica dos setores avaliados.....	123

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução do quantitativo de artigos contendo o termo segurança hídrica na literatura acadêmica (1990 - 2013).....	38
Gráfico 2 – Frequência em que a qualidade da água da rede geral foi considerada inaceitável para o consumo humano segundo os usuários da CAGECE.....	97
Gráfico 3 – Frequência em que a água da rede geral apresentou mau cheiro ou cheiro forte segundo os usuários.....	101
Gráfico 4 – Frequência em que os usuários da rede geral receberam em suas residências, água com cor diferente/turva.....	103
Gráfico 5 – Caracterização do fluxo da rede geral segundo os usuários do sistema.....	104
Gráfico 6 – Frequência em que o abastecimento da rede geral foi interrompido no período de janeiro a julho de 2017.....	110
Gráfico 7 – Vazão média fornecido pelo SAA do Pecém entre os anos de 2012 a 2017 e volume de total de chuvas do mesmo período.....	115
Gráfico 8 – Relação entre vazão média e número de ligações ativas no SAA do Pecém entre os anos de 2003 a 2013.....	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINAM	Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais
APA	Área de Proteção Ambiental
ARCE	Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CIPP	Complexo Industrial e Portuário do Pecém
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSP	Companhia Siderúrgica do Pecém
ETA	Estação de Tratamento de Água
EUA	Estados Unidos da América
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
G8	Grupo dos oito
HWS	Household Water Security Scale
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LIDAR	Light Detection And Ranging
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PRODETUR/NE	Programa de Desenvolvimento do Turismo do Nordeste
PROURB	Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SEFAZ	Secretaria da Fazenda
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SESA	Secretaria da Saúde
SGA	São Gonçalo do Amarante
SIG	Sistema de Informação Geográfica

UEA	University of East Anglia
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	LOCALIZAÇÃO E SÍNTESE DOS ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E DO ABASTECIMENTO DO DISTRITO DO PECÉM.....	24
3	REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	32
3.1	Fragilidade ambiental.....	32
3.2	Segurança hídrica.....	37
3.3	Segurança hídrica doméstica.....	43
4	ASPECTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS.....	49
4.1	Fragilidade ambiental urbana.....	51
4.2	Avaliação da segurança hídrica na escala domiciliar.....	56
5	FRAGILIDADE AMBIENTAL DO SÍTIO URBANO DO PECÉM.....	61
5.1	Compartimentação geomorfológica.....	61
5.2	Unidades de fragilidade ambiental.....	69
6	SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA NA SEDE URBANA DO DISTRITO DO PECÉM.....	81
6.1	Meios de abastecimento utilizados nos agregados familiares.....	88
6.2	Análise das condições qualitativas e quantitativas da rede geral de abastecimento.....	96
6.3	Formas de armazenamento e de tratamento de água no ambiente doméstico.....	119
7	RELAÇÕES ENTRE FRAGILIDADE AMBIENTAL E SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA NO NÚCLEO URBANO DO PECÉM.....	122
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
	REFERÊNCIAS.....	129

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de eventos desencadeadores de impactos socioambientais em variadas escalas têmporo-espaciais e em diferentes níveis de intensidade tem despertado, na atualidade, a necessidade de direcionar debates e intervenções voltados a minimizar os danos causados tanto pela dinâmica natural como pelas ações antrópicas, ao bem-estar humano e ao equilíbrio ecológico.

Diante disso, alguns assuntos têm recebido maior atenção, tanto no campo acadêmico-científico como nas arenas político-governamentais, por representarem temas relevantes para a produção de sociedades e espaços sustentáveis.

Dentre estas destacam-se as temáticas com enfoque nos elementos da natureza, a exemplo daquelas que abarcam questões sobre preservação, planejamento e gestão ambiental, as quais visam, entre seus objetivos, avaliar como os arranjos socioeconômicos provocam rupturas na funcionalidade dos sistemas naturais.

No tocante aos aspectos sociais, dada a importância da água para a sociedade em suas múltiplas exigências, diversas análises quali-quantitativas têm sido empregadas, destinadas ao entendimento das dinâmicas em torno do abastecimento humano, bem como do papel dos recursos hídricos para o desenvolvimento das atividades produtivas e culturais.

Assim sendo, com o propósito de investigar as questões alusivas ao meio físico-biótico e dos recursos hídricos, surgiram modelos ancorados em conceitos e metodologias específicas.

Dentre as análises integradas voltadas à compreensão dos espaços naturais e antropizados, a avaliação da fragilidade ambiental constitui uma abordagem que tem sido cada vez mais utilizada no Brasil, principalmente pela possibilidade de ser aplicada para subsidiar a elaboração de zoneamentos e diagnósticos, e como suporte para ações relacionadas ao planejamento ambiental (LAUTERT, 2010; FAGUNDES; QUEIROZ FILHO, 2015).

Uma das propostas tomadas para averiguar a fragilidade dos ambientes refere-se a de Ross (1994), a qual consiste na classificação dos diferentes níveis de fragilidade dos compartimentos naturais e/ou modificados, sendo seus graus de instabilidade dependentes das características genéticas do relevo (ROSS, 1994, 2009).

Considerando esta concepção, a fragilidade é associada à vulnerabilidade dos sistemas ambientais em ter seu estado de equilíbrio rompido, ocasionado por fatores naturais,

como declividade acentuada, alta suscetibilidade dos solos à erosão e pluviosidade elevada, bem como por ações sociais, a exemplo de desmatamentos, queimadas e ocupações desordenadas (ROSS, 2009; OLIVEIRA et al., 2012).

Quanto às dinâmicas relacionadas à água, tem se tornado cada vez mais frequente os estudos referentes à segurança hídrica doméstica, por conta de nesta escala de investigação, ser possível estabelecer os fatores que atuam para a heterogeneidade das condições de abastecimento entre domicílios com padrões socioeconômicas similares (JEPSON, 2014; JEPSON; VANDEWALLE, 2016).

Neste enquadramento, a segurança hídrica corresponde a capacidade dos indivíduos de obterem e se beneficiarem de uma água acessível, adequada e confiável para uma vida saudável. Quando uma destas variáveis é reduzida ou inalcançável, a saúde física e mental dos sujeitos pode ser comprometida, além de afetar a capacidade de realizar tarefas necessárias, configurando assim, quadros de insegurança hídrica (JEPSON et al., 2017a, 2017b).

Para entender os processos relativos as temáticas citadas, as áreas urbanizadas apresentam-se como territórios propícios para conduzir os estudos, já que nestes espaços, as relações entre a sociedade e a natureza são mais conflituosas em consequência de uma exploração intensiva dos recursos naturais. Da mesma forma, são nos meios urbanos onde há uma maior pressão sobre os sistemas de provisão de água, relacionado a alta demanda residencial e industrial, bem como, por conta da poluição dos mananciais (SANTOS; ROSS, 2012; GARRICK; HALL, 2014; BOGARDI et al., 2012).

Deste modo, torna-se oportuno buscar revelar as relações entre fragilidade ambiental e segurança hídrica na dimensão domiciliar, uma vez que a compreensão das questões ambientais, assim como aquelas concernentes ao abastecimento, podem auxiliar nos diagnósticos e na proposição de estratégias para enfrentar os desafios associados a cada temática.

Problemática

Para explorar os objetos de interesse, definiu-se como recorte espacial, a sede urbana do distrito do Pecém. Referido espaço, possui um quadro socioeconômico, ambiental e de abastecimento com características específicas, o que o torna apropriado para a avaliação da fragilidade dos seus ambientes naturais e da segurança hídrica domiciliar.

De forma a reforçar a importância da pesquisa na área em apreço, serão elencadas a seguir, algumas informações referentes ao abastecimento humano de água e ao cenário ambiental.

Conforme os dados do censo do IBGE (2010) no distrito do Pecém, apenas 37,82% dos domicílios são conectados ao serviço público de distribuição de água. Quantitativo inferior ao município ao qual faz parte, São Gonçalo do Amarante, que possui 50,25% dos domicílios ligados à rede geral. O indicador do distrito torna-se mais baixo ao se comparar com a taxa do Estado do Ceará, que conta com 77,22% das residências integradas ao sistema de provisão público. A seguir (Tabela 1) é apresentado como estes valores mudaram desde o último levantamento censitário (IBGE, 2000).

Tabela 1 - Porcentagem de domicílios conectados à rede geral de água no Ceará, em São Gonçalo do Amarante e no Pecém, nos anos 2000 e 2010.

Ano	Estado do Ceará	São Gonçalo do Amarante	Pecém
2000	60,80	33,49	33,31
2010	77,22	50,25	37,82

Fonte: IBGE (2000, 2010).

Este panorama demonstra que o Pecém se caracteriza pelo baixo acesso ao serviço de abastecimento público, principalmente considerando-se que de 2000 a 2010 houve um crescimento pouco significativo no percentual de residências conectadas à rede geral. Esta situação decorre de uma maior utilização de outros meios de acesso à água, como pode ser constatado a seguir (Tabela 2).

Tabela 2 - Fontes de abastecimento empregadas pelas residências no distrito do Pecém.

Formas de abastecimento de água		Rede geral	Poço ou nascente na propriedade	Poço ou nascente fora da propriedade	Carro-pipa	Água da chuva armazenada em cisterna	Rio ou lago	Outra
Domicílios particulares permanentes (Unidades)	2435	921	1297	123	4	6	79	5
Percentual	100	37,82	53,26	5,05	0,16	0,25	3,24	0,21

Fonte: IBGE (2010).

A partir do exposto, verifica-se que os poços se apresentam como a fonte mais acessada pela população do distrito do Pecém, condição alcançada em virtude de a área estar localizada em um domínio hidrogeológico com elevado potencial hídrico subterrâneo, representado principalmente pelo reduzido nível do lençol freático (COGERH, 2016; MOURA et al., 2013).

Em relação às condições do meio físico-natural, o sítio urbano do Pecém está assentado em um ambiente naturalmente frágil por conta de sua localização junto à planície costeira de São Gonçalo do Amarante. Assim, por se tratar de um espaço inserido na interface entre o meio marinho e terrestre, há uma intensa dinâmica ambiental provocada por diversos fluxos de matéria e energia, os quais são frequentemente modificados pelas intervenções antrópicas (FIERZ, 2008).

Este cenário condiciona uma diversidade paisagística constituída por feições morfológicas modeladas em sedimentos cenozoicos quaternários que se configuram como tabuleiros pré-litorâneos, terraços marinhos, dunas móveis e fixas, praias e planícies lacustres e fluviomarinhas (SOUZA, 2000). Estes compartimentos, pelas características dos seus elementos naturais e como consequência dos impactos das atividades socioeconômicas, tendem a possuir diferentes níveis de estabilidade/instabilidade.

Partindo das questões levantadas, a pesquisa visou compreender se existia relação entre a segurança hídrica doméstica e a fragilidade ambiental, averiguando se as famílias que habitavam os setores mais frágeis apresentavam dificuldades na obtenção de uma água acessível, adequada e confiável.

Nesta perspectiva, foram estabelecidas algumas indagações relacionadas aos objetos de análise, para que pudessem servir como inquietações para o desenvolvimento do estudo, as quais são:

- A baixa taxa de domicílios conectados à rede geral de água pode comprometer a segurança hídrica das famílias?
- Os níveis de fragilidade mais acentuados representam fatores limitantes ao abastecimento doméstico?

Objetivos

Diante das considerações tratadas, esta dissertação tem como objetivo principal verificar se as famílias residentes nas áreas de acentuada fragilidade ambiental da sede urbana

do Pecém, apresentam dificuldades no alcance de quadros satisfatórios de segurança hídrica doméstica.

Para atingir este propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Determinar os níveis de fragilidade ambiental dos compartimentos naturais da sede urbana do distrito do Pecém.
- Investigar os aspectos em torno da segurança hídrica na escala domiciliar no sítio urbano do Pecém.
- Relacionar as condições de fragilidade ambiental e da segurança hídrica doméstica do núcleo urbano do Pecém.

Como resultados, buscou-se estabelecer um quadro representativo dos graus de fragilidade ambiental da área de estudo, assim como das condições de segurança hídrica domiciliar, em que, para atender a este anseio, recorreu-se a diversas etapas operacionais, como: trabalhos de campo, levantamento de dados primários por meio de formulários, mapeamentos, dentre outros procedimentos baseados no referencial teórico-metodológico de apoio.

Visando proporcionar uma leitura que permitisse a compreensão integrada dos pontos relacionados ao trabalho, optou-se por estruturar a dissertação em oito capítulos.

Assim, o primeiro trata da problematização da pesquisa, onde são delineadas as temáticas de interesse, a síntese do cenário ambiental e do abastecimento da área investigada, bem como a indicação dos objetivos.

No capítulo posterior (segundo) é apresentada a delimitação e localização da área de estudo, seguido de uma síntese do panorama histórico, socioeconômico e do abastecimento do distrito do Pecém.

Para versar sobre os aspectos teóricos-metodológicos, reservou-se o terceiro capítulo, o qual encontra-se dividido em duas partes: fragilidade ambiental urbana e segurança hídrica, com esta última composta por um subtópico voltado à discussão sobre segurança hídrica na escala doméstica, tendo em vista ser este o enquadramento empregado na pesquisa.

Já no quarto capítulo são demonstrados os dados, as ferramentas e os procedimentos metodológicos e operacionais utilizados para a elaboração dos produtos de análise e de suporte às discussões.

Por sua vez, o capítulo cinco contempla a delimitação da fragilidade ambiental do núcleo urbano do Pecém, considerando as condições naturais e as intervenções antropogênicas para a composição dos níveis de fragilidade do espaço em questão.

No tocante à análise da segurança hídrica doméstica da sede urbana do Pecém, o capítulo seis aborda e discute as questões pertinentes a essa temática, com base nos dados e procedimentos adotados.

Em relação ao sétimo capítulo, este foi composto para tecer as discussões em torno das relações entre segurança hídrica domiciliar e fragilidade ambiental, apontando as condições atuantes para configurar as possíveis associações entre estes sistemas.

Por fim, o capítulo oito apresenta as considerações alcançadas com o desenvolvimento da pesquisa, sinalizando as contribuições e limitações apreendidas com a aplicação teórico-metodológica, bem como os reflexos destas para o entendimento dos aspectos hídricos domésticos e ambientais.

2. LOCALIZAÇÃO E SÍNTESE DOS ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E DO ABASTECIMENTO DO DISTRITO DO PECÉM

A área de estudo selecionada para conduzir este trabalho, corresponde a sede urbana do distrito do Pecém. Trata-se de um distrito costeiro pertencente ao município de São Gonçalo do Amarante, o qual encontra-se integrado a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), no Estado do Ceará, na porção setentrional do nordeste brasileiro. Considerando-se os recursos hídricos, o sítio urbano do Pecém está situado no baixo curso da sub-bacia hidrográfica do rio Guaribas, que por sua vez, faz parte da Bacia Metropolitana.

Tendo aproximadamente 50 Km de distância da capital (Fortaleza) e a 22 Km da sede municipal, as principais vias de acesso a sede do Pecém são as rodovias BR-222 e CE-085 (Via Estruturante - Costa do Sol Poente).

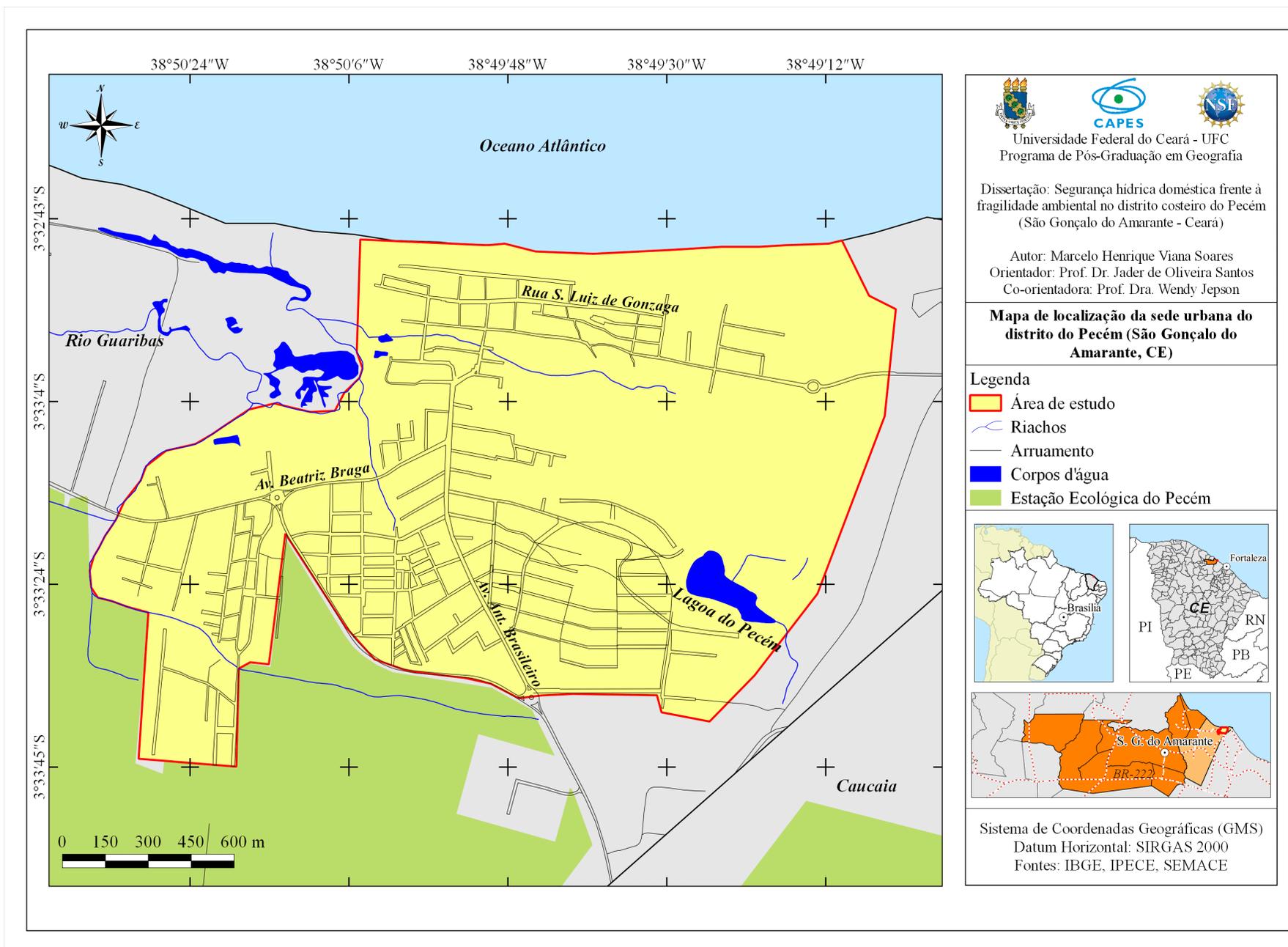
De acordo com o último censo, referido distrito conta com uma população de 9.156 habitantes, constituída por residentes fixos e temporários, sendo estes últimos compostos por veranistas, turistas e trabalhadores do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) (IBGE, 2010; CEARÁ, 2011).

Para atender os objetivos da pesquisa, foi delimitada uma área no núcleo urbano com 3,30 Km², situada entre os paralelos 3°32'45.88" e 3°33'44.94" de latitude sul (S) e os meridianos 38°49'04.05" e 38°50'35.36" de longitude oeste (W) (Figura 1). Para a definição deste recorte, utilizou-se como referência os setores censitários (IBGE, 2010), a rede de drenagem, as instalações industriais adjacentes, a Estação Ecológica do Pecém e a mancha urbana.

A área delineada, contém uma população de 4.827 habitantes, distribuídos em 1.265 domicílios. Este contingente, aliado a reduzida extensão territorial, ocasiona uma alta densidade demográfica, com predomínio de setores acima de 500 hab./Km² (IBGE, 2016).

Possuí como limites: ao norte, o oceano Atlântico, a oeste, parte do manguezal do rio Guaribas e um trecho da Estação Ecológica do Pecém, a leste, a esteira transportadora de materiais do Porto do Pecém, bem como de parte de sua infraestrutura e ao sul, a Estação Ecológica do Pecém, próximo ao limite com o município de Caucaia.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Soares (2018).

Em termos históricos, a criação do distrito do Pecém como unidade política-administrativa, remonta ao ano de 1933, período em que contava com uma população em torno de 1.581 habitantes (RODRIGUES; SOUSA FILHO, 2007; IBGE, 1940). No entanto, sua ocupação remonta a tempos bem mais longínquos, pois mesmo antes do processo de colonização do Ceará, as terras do Pecém já eram habitadas por indígenas, fato perceptível no termo que dá nome ao lugar, sendo provavelmente de origem tapuia, tendo como significado praias entrecortadas por sucessivos córregos (POMPEU SOBRINHO, 1945).

Este topônimo constitui um dos mais antigos da costa cearense, tendo surgido no início do século XVII, com sua primeira referência, em carta que o governador Diogo de Menezes enviou a coroa portuguesa em 1612, oportunidade que registrou sob a forma de *Upessen* e que ao longo do tempo, foi se alterando para *Upecem*, até perder o U inicial e ficar na forma atual (GIRÃO, 1983; POMPEU SOBRINHO, 1945).

Os aspectos históricos elencados a seguir, foram obtidos a partir de consulta aos trabalhos de Albuquerque (2005) e Rodrigues e Sousa Filho (2007). Assim, mediante a análise destas referências, foi possível traçar as alterações nas dinâmicas socioespaciais ocorridas durante o século XX no espaço em estudo.

De acordo com estes autores, a consolidação da ocupação do Pecém se deu no início do século XX, quando este ainda era um lugarejo isolado, desprovido de vias, em que só se chegava pela beira-mar ou por trilhas pela vegetação. Foi na sua faixa praiial que começaram a surgir as primeiras habitações de estrutura rudimentar (palhas e madeiras) construídas por pescadores.

Ainda na perspectiva dos autores, entre as décadas de 1930 e 1940, o arranjo territorial do Pecém era caracterizado por ruas mal definidas e sem pavimentação, bem como pela ausência das redes de água e esgoto. No aspecto econômico, o destaque era a pesca artesanal, produtos de artesanato e a agricultura de subsistência.

Contudo, este quadro passou a sofrer alterações a partir da década de 1950, ensejadas pela inserção de novos elementos, a exemplo da chegada do rádio, pela construção da primeira escola e ao crescimento da pesca da lagosta, a qual por atender o consumo interno, passou a vender o excedente deste pescado para outros municípios.

Nos trabalhos citados, há a menção de que nos idos de 1960, as belezas naturais do Pecém, representadas pela exuberância dos seus coqueirais, dunas elevadas e por sua praia,

atraíram a atenção de novos indivíduos, que viram neste lugar o cenário ideal para o veranismo e para a especulação imobiliária.

Com a implantação destas novas formas, o comércio passou a se desenvolver, bem como a alterar as relações sociais, já que famílias que antes viviam da pesca artesanal, passaram a trabalhar como caseiros nas segundas residências ou foram empregados nos estabelecimentos comerciais.

Segundo as obras consultadas, na década de 1970 foi delimitada a zona urbana do Pecém, seguido da construção do mercado público central, assim como houve a incorporação de novos elementos, como o gerador de energia elétrica, a substituição da iluminação de lamparinas e lampiões por lâmpadas e a televisão na praça da igreja matriz.

Na década de 1980 chega o automóvel, a partir das estradas carroçais e pela praia quando em maré baixa, do mesmo modo, houve a inserção de linhas de ônibus, decorrente da melhoria e abertura de novas vias, o que facilitou o acesso à Fortaleza.

Como descrito, com base nos autores mencionados, no decorrer das décadas iniciais do século XX e até mesmo no terceiro quartil deste, as atividades econômicas desenvolvidas no Pecém não provocaram intensas rupturas em seus aspectos socioambientais.

No entanto, este quadro foi alterado nos anos de 1990, quando por intervenção do Estado, foram implementados diversos programas para o desenvolvimento socioeconômico da área, cita-se como exemplo destes, o PRODETUR/NE (Programa de Desenvolvimento do Turismo do Nordeste) e o PROURB (Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos).

Destaca-se que o projeto que causou maior impacto na região foi o CIPP, tendo em vista seus reflexos nos arranjos socioeconômicos existentes, representado principalmente pela incorporação em 1999, de São Gonçalo do Amarante à RMF (ALBUQUERQUE, 2005; BORGES, 2014).

Segundo os autores supracitados, esta intervenção, de caráter público-privado possibilitou atração de investimentos milionários e a chegada de novos agentes produtores do espaço; situação que repercutiu na estrutura urbana, já que o Pecém passou de local de moradia, trabalho e lazer da população que atuava nas atividades primárias, para se tornar o abrigo de um dos principais projetos de desenvolvimento do Ceará.

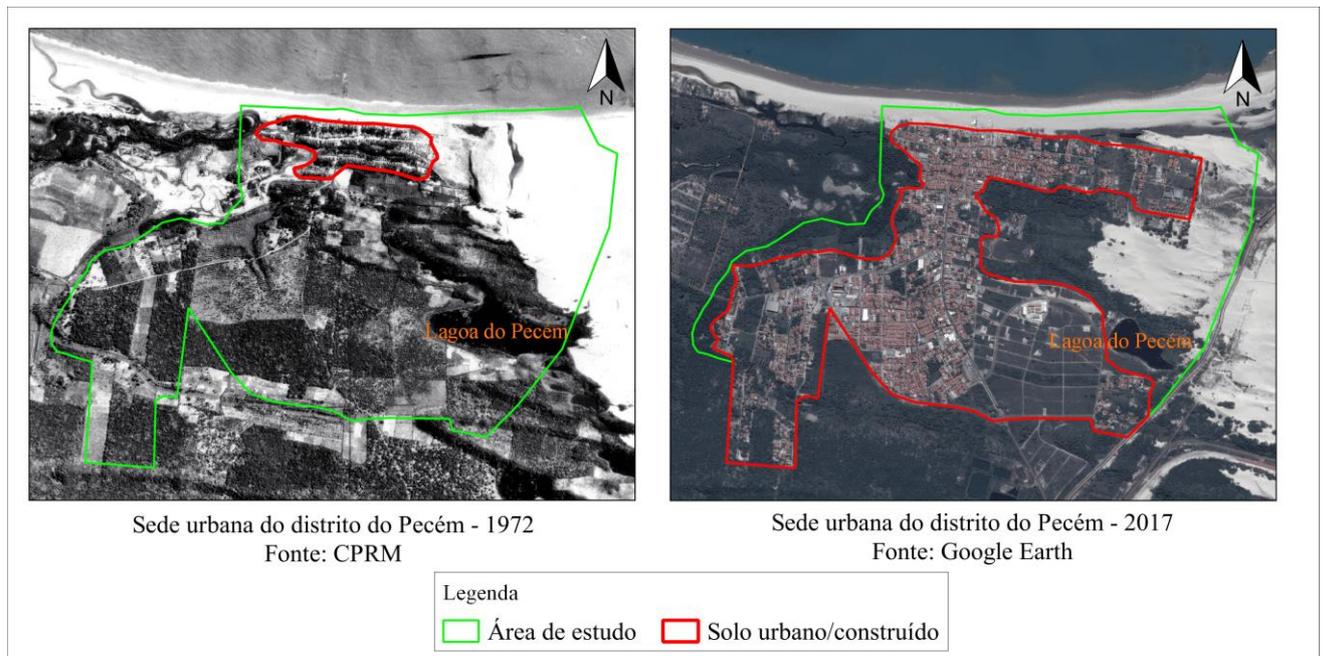
Neste cenário, a sede distrital tem experimentado, sobretudo a partir de 2011 com as obras da Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP), um crescimento e diversificação da sua economia, proporcionada pelas atividades do setor terciário, composto por estabelecimentos comerciais (vestuários, farmacêuticos, metalúrgicos, mercearias, construção civil) e de prestação de serviços (clínicas, agências bancárias, escolas, faculdades) (BORGES, 2014).

Diante do exposto, pode-se afirmar que a história do Pecém é caracterizada pela heterogeneidade das formas de uso e ocupação produzidas e reproduzidas no seu espaço, as quais refletiram-se em impactos de ordem social e ambiental. Essas alterações decorreram de três processos distintos, citados anteriormente e sistematizados adiante,

O primeiro foi a atividade de veraneio iniciada a partir dos anos de 1960; a segunda foi o turismo a partir dos anos de 1980, recebendo forte investimentos de infraestrutura na década de 1990 com os recursos do PRODETUR; e o terceiro processo foi a instalação do Complexo Industrial e Portuário a partir da segunda metade dos anos 1990 (ALBUQUERQUE, 2005, p. 197).

A seguir (Figuras 2 e 3), é evidenciado o contexto apresentado, em que se demonstra as transformações no uso e ocupação do solo da sede distrital entre 1972 e 2017, podendo constatar o crescimento do solo urbano, representado por usos residenciais e comerciais (SOARES; SANTOS, 2017).

Figura 2 - Área urbana do Pecém nos anos de 1972 e 2017.



Fonte: Adaptado de CPRM (1972) e Google Earth Pro por Soares (2017).

Figura 3 - Fotografia aérea demonstrado o predomínio de solo urbano na área de estudo.



Fonte: Imagem disponível em: <<http://www.fortcasa.com.br/wp-content/uploads/2018/05/Porto-do-Pecem-13.jpg>>. Acesso em: 01 de jun. de 2018.

A implantação dos três processos e programas mencionados, proporcionaram além do crescimento da urbanização do núcleo urbano do Pecém, a expansão de suas infraestruturas básicas, como as de vias de acesso, postos de saúde, esgotamento sanitário, abastecimento de água, dentre outros elementos que ocasionaram novas dinâmicas socioeconômicas.

Entre estes sistemas de serviços público, destaca-se o abastecimento humano, tendo em vista tratar-se de um serviço essencial para qualquer sociedade, e que no caso do Pecém, tem se estruturado sobre perspectivas diferentes ao longo do tempo, como será demonstrado a seguir.

Das primeiras décadas até a metade do século XX, o abastecimento era oriundo de ressurgências (“olhos d’água”), a partir das quais se construíam cacimbas para facilitar o acesso a água, a qual era utilizada para beber, enquanto que a lagoa do Pecém, que é um manancial que representa a exposição do nível freático do aquífero dunas/paleodunas, era utilizada para lavagem de roupas e para a pesca (ALBUQUERQUE, 2005).

Logo, o abastecimento neste período estava pautado nas ações de coletividade em torno da obtenção de água, em que esta organização pode ser compreendida na fala de residentes mais antigos, como se percebe a seguir

Fizeram uma cacimba que ficava lá no pé do alto. Aí todo mundo começou a zelar, quando tava querendo se enterrar a gente levava as pás, levava enxada. Aí cavava pra ficar mais fundo pra dar mais água, neh. Aí, ali de manhã, se juntava de três, quatro mulheres e a gente ia com as latas. (Entrevista realizada com moradores em 30/06/2014 por Borges (2014).

Outro momento importante no abastecimento no Pecém se deu em virtude dos investimentos oriundos do PRODETUR/NE I na área de saneamento básico, o qual permitiu implementar em 2002 o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e de Esgotamento Sanitário (SES) (BANCO DO NORDESTE, 2005), os quais ficaram sob gerenciamento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), sendo esta uma empresa de economia mista e de capital aberto, que possui como principal acionista o governo do Estado do Ceará (CAGECE, 2018).

Referente ao SAA, este é operacionalizado mediante a captação superficial da lagoa do Pecém (Figura 4), com base na outorga concedida pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH)¹, a qual permite a utilização de um volume de 196.720,4 m³, associado a uma vazão de 7,79 L/s.

Figura 4 - Lagoa do Pecém em novembro de 2017.



Fonte: Soares (2017).

Para se tornar adequada aos padrões de potabilidade, a água captada é submetida a adição de produtos químicos, filtração e desinfecção com cloro na Estação de Tratamento de Água (ETA) (Figura 5). Após estes processos, a água é armazenada em reservatórios e levada por gravidade para a distribuição por tubulações que constituem uma malha de 23.028 m de rede, garantindo um índice de cobertura de 96,05% (CAGECE, 2018; ARCE 2010, 2015).

¹ Outorga nº 01383/17, com período de vigência de 02/10/2017 a 02/10/2021.

Figura 5 - Estação de Tratamento de Água (ETA) do SAA Pecém.



Fonte: Soares (2017).

Além da rede geral, na atualidade, a população também utiliza outros meios de abastecimento, como os poços, o aproveitamento das águas pluviais e fluviais, dentre outras formas de acesso a água (IBGE, 2010), as quais suas características e dinâmicas serão abordadas de forma mais detalhada no Capítulo 6.

3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

3.1 Fragilidade ambiental

A compreensão das relações estabelecidas entre os sistemas naturais e socioeconômicos demanda uma abordagem que permita evidenciar as dinâmicas atreladas a esses dois sistemas. Visando atender essa lacuna, a análise ambiental integrada, enquanto categoria teórico-metodológica, vem sendo amplamente empregada em estudos voltados ao entendimento do complexo jogo de interações entre os sistemas biofísicos e antrópicos.

Dentre as concepções teóricas-metodológicas baseadas nos estudos ambientais integrados, destaca-se a abordagem ecodinâmica proposta por Tricart (1977), pelo fato de ter possibilitado um novo modo de interpretar a natureza e a sociedade no âmbito de uma perspectiva integrada, sobretudo, as questões da natureza sob o efeito das ações humanas (ROSS; FIERZ; AMARAL, 2008).

Na visão de Tricart (1977), que estabeleceu como unidade de estudo a dinâmica dos ecossistemas, o sistema é definido como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia, os quais geralmente encontram-se em equilíbrio dinâmico, mas que podem ter esse status alterado, por meio das intervenções antrópicas nos componentes naturais, o que pode gerar estados de desequilíbrios temporários ou mesmo permanentes.

De acordo com o autor, o conceito de sistema é tido como o melhor instrumento lógico para analisar as questões ambientais, em que para investigar suas dinâmicas, parte essencialmente do balanço entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos, para categorizar a ecodinâmica dos ambientes em três estádios, os quais são: meios estáveis (equilíbrio dinâmico), meios *intergrades* (transição) e meios fortemente instáveis (desequilíbrio).

A partir da concepção das unidades ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977), surgiram alguns modelos empíricos que o tomaram com o intuito de aplicá-lo ao planejamento e aos estudos ambientais, a exemplo da proposta de Ross (1994).

Assim, foram os conceitos estabelecidos por Tricart (1977), bem como a partir da identificação de algumas de suas limitações metodológicas, que levaram o geógrafo e professor Jurandyr Ross “a percepção de diferentes níveis de fragilidade dos sistemas ambientais e as características naturais de um lado e de outro o potencial de uso socioeconômico dos recursos naturais” (ROSS; FIERZ; AMARAL, 2008, p. 73).

Com isto, surgiu a concepção de fragilidade ambiental, pautada nas relações integradas entre sociedade e natureza, partindo da concepção que são os seres humanos o foco das preocupações e que as questões ambientais são antes de tudo socioculturais. Além destes aspectos, ressalta que a fragilidade dos ambientes naturais frente as ações antrópicas variam conforme suas características genéticas (ROSS, 1994; 2009).

Nesta perspectiva, a fragilidade ambiental corresponde a uma linha de preocupação da geomorfologia aplicada ao planejamento ambiental, a qual tem como fundamentação a utilização dos recursos dentro de critérios técnicos-científicos em uma ótica conservacionista, sendo que para isso, torna-se necessário levar em consideração as potencialidades dos recursos naturais aliada as suas fragilidades potenciais (ROSS; FIERZ; AMARAL, 2008).

Para conduzir essa metodologia, Ross (1994) introduziu novos critérios para estabelecer as Unidades Ecodinâmicas Estáveis e as Unidades Ecodinâmicas Instáveis, ao ponto que, desconsiderou a categoria *intergrades*, por conta das dificuldades em identificá-la.

Desta forma, para que as categorias ecodinâmicas de Tricart (1977) pudessem contribuir de forma mais eficiente nos trabalhos de planejamento ambiental, Ross (1994) ampliou tais categorias, designando as como:

- **Unidades Ecodinâmicas Estáveis** (equilíbrio dinâmico), relativa aos ambientes em equilíbrio dinâmico, mas que são classificados como de **Instabilidade Potencial** por conta de suas características naturais e pela possibilidade de sofrerem os impactos das atividades socioeconômicas.
- **Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente**, referente aos ambientes naturais mais intensamente modificados;

A partir dessas novas definições, delimitou diferentes graduações, as quais denominou de níveis de fragilidade, sendo estes organizados em uma classificação qualitativo-numérica desde instabilidade muito baixa (1), em direção a baixa (2), média (3), forte (4) e por último, muito forte (5) (Quadro 1).

Quadro 1 - Categorização das unidades de fragilidade ambiental.

Unidades de fragilidade	Classificação dos níveis de intensidade da fragilidade	
	Qualitativa	Numérica
Fragilidade Potencial	Muito baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4

	Muito Forte	5
Fragilidade Emergente	Muito baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5

Fonte: Ross (1994).

Como visto, da fragilidade ambiental derivam dois termos referentes a sua hierarquização, a saber: a fragilidade potencial, que corresponde aos ambientes que apresentam condições de maior estabilidade e a fragilidade emergente, onde as ações dos processos morfogênicos são mais intensas. Ressalta-se, que tanto a primeira, como a segunda categoria podem considerar as transformações na paisagem em decorrência das atividades humanas.

Sintetizando estas categorias, pode-se considerar que as unidades de fragilidade potencial representam os ambientes estáveis, ou seja, que se encontram em equilíbrio dinâmico, logo, que foram menos afetados pelas intervenções antrópicas, possuindo condições próximas do seu estado natural.

Por sua vez, as unidades de fragilidade emergente correspondem aos ambientes fortemente instáveis, as quais, apesar de possuírem essa condição por conta de sua fragilidade natural, tais unidades são mais frequentemente associadas aos espaços onde o equilíbrio dinâmico foi rompido pelas ações antropogênicas.

A partir da aplicação desta proposta, torna-se possível a elaboração de um produto síntese, representativo dos diferentes graus de fragilidade que o ambiente possui em função de suas características genéticas (KAWAKUBO et al., 2005). Deste modo, pode-se afirmar que a definição da fragilidade ambiental encerra uma avaliação qualitativa das condições ambientais, apresentando o resultado das relações de conectividade e interdependência das componentes ambientais com as atividades humanas.

Com isso, possibilita estabelecer as áreas com elevado potencial de usos diversos, quando associadas a fragilidades muito baixas (fragilidade potencial); bem como, permite definir as áreas de baixo potencial de usos produtivos, mas de relevante interesse ambiental/ecológico, neste caso, quando situados em espaços de fragilidade emergente (ROSS, 2012).

Desde quando foi proposto, o modelo de avaliação da fragilidade ambiental de Ross (1994) sofreu diversas adaptações, seja por meio da aplicação de outras operações

metodológicas ou alterações nas variáveis de análise. Neste sentido, pode-se citar como exemplo de pesquisas que realizaram modificações na proposta de Ross (1994), as de Silveira e Cunha (2010), Spörl (2007) e Vitte e Mello (2013).

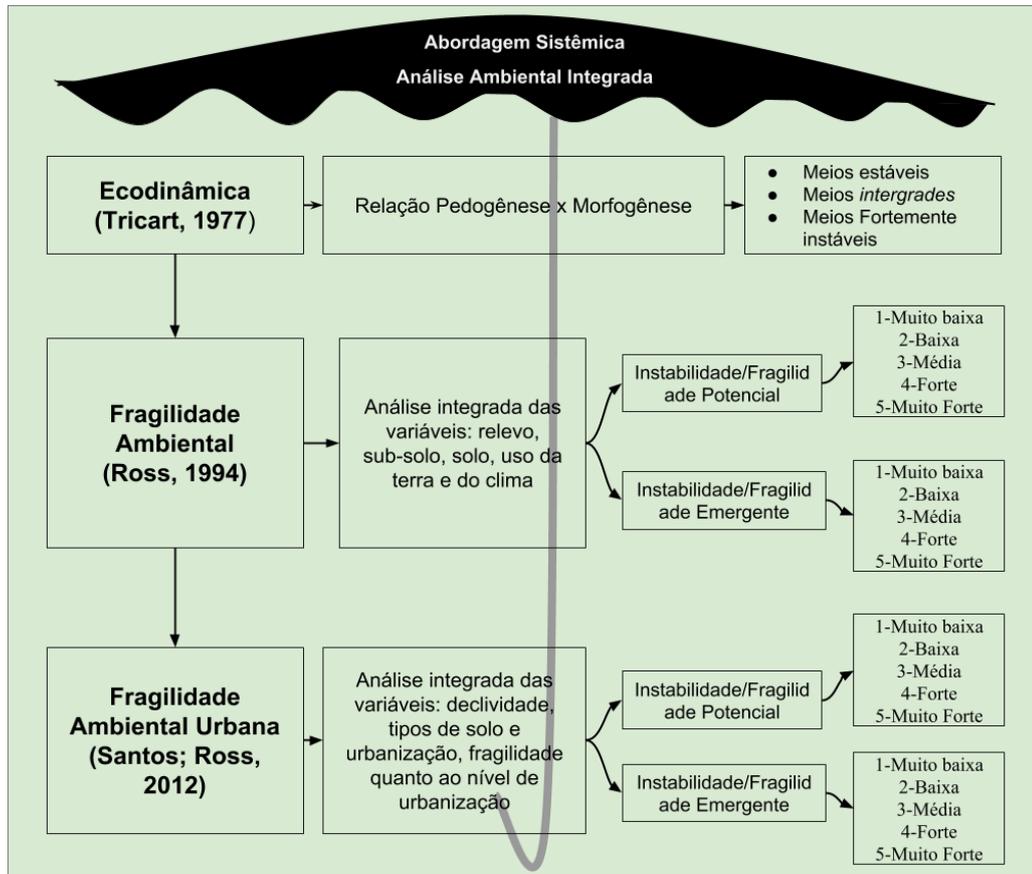
Neste contexto, menciona-se também o trabalho de Santos e Ross (2012), em que, segundo os autores, apesar de os estudos integrados possuírem uma sólida base teórica-metodológica, estes não apontavam a necessidade da compreensão das dinâmicas ambientais em espaços urbanizados. Para além desta constatação, apontaram que mesmo a proposta de Ross (1994) ressaltando que as sociedades são o ponto central da questão ambiental, referida metodologia não foi concebida para ser empregada em áreas urbanizadas.

Neste âmbito, Santos e Ross (2012) realizaram adaptações no modelo de Ross (1994), inserindo padrões de urbanização na classificação da fragilidade para ambientes urbanos, construindo assim, uma proposta metodológica denominada de fragilidade ambiental urbana, a qual aplicada em Fortaleza - CE, permitiu aos autores identificar setores com níveis diferenciados de impactos socioambientais.

Em termos práticos-utilitários, a condução do modelo de fragilidade ambiental urbana, representa uma ferramenta adequada ao planejamento ambiental e ordenamento do território, principalmente quando se objetiva a realização de planejamentos includentes, visando organizar as atividades produtivas sobre determinado território com base nas fragilidades e potencialidades dos sistemas naturais e da sociedade (SANTOS; ROSS, 2012).

A seguir (Figura 6), é apresentado o enquadramento teórico-metodológico utilizado nesta pesquisa, o qual baseia-se na perspectiva da análise ambiental integrada, que por sua vez, fundamenta-se em uma abordagem sistêmica.

Figura 6 - Evolução conceitual-metodológica do modelo de fragilidade ambiental urbana.



Fonte: Soares (2018).

A partir do exposto, é possível constatar os desdobramentos conceituais e de aplicação, em que inicialmente, baseado na proposta de Tricart (1977), partia-se da relação pedogênese x morfogênese para qualificar a ecodinâmica do ambiente em três categorias (meios estáveis, *intergrades* e fortemente instáveis).

Em seguida, Ross (1994) adaptou estas definições ao introduzir variáveis do meio físico e da dinâmica antrópica, para hierarquizar os ambientes em duas classes de fragilidade (potencial e emergente), as quais apresentam níveis variando do mais baixo ao mais forte, para representar os diferentes graus de vulnerabilidade que os sistemas naturais possuem frente os fenômenos naturais e socioespaciais.

Por fim, têm-se o modelo da fragilidade ambiental urbana proposto por Santos e Ross (2012), os quais consideram as mesmas categorias da concepção de Ross (1994), mas que se diferencia desta ao inserir variáveis do meio urbano para definir os níveis de fragilidade em espaços urbanizados.

3.2 Segurança hídrica

O conceito de segurança hídrica tem se destacado de forma mais evidente na última década, fato perceptível pela quantidade de organizações internacionais que tem dado atenção a este termo, seja propondo definições ou estabelecendo abordagens metodológicas, a exemplo daquelas dadas pela Parceria Global da Água (*Global Water Partnership*) e o Fórum Econômico Mundial (*World Economic Forum*) (COOK; BAKKER, 2013).

Neste rol de instituições que tem despertado o interesse para a segurança hídrica, destaca-se também a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, o Banco Mundial, a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), o G8 e as Nações Unidas.

Este quadro de destaque também se manifesta no campo acadêmico, já que muitas universidades têm lançado projetos sobre segurança hídrica, a exemplo da UEA *Water Security Research Centre* (University of East Anglia, Reino Unido), o *Program on Water Governance* (University of British Columbia, Canadá), a *Water Security Initiative* (Texas A&M University, EUA) e a *Harvard Water Security Initiative* (Harvard University, EUA).

Pode-se acrescentar como outro indício do crescente interesse na temática, a atenção que tem recebida de setores empresariais, bem como da realização de eventos dedicados à sua discussão, a exemplo do Fórum Mundial da Água (BAKKER, 2012).

Neste cenário, pode-se afirmar que a crescente dedicação a temática da segurança hídrica deve-se ao fato desta se estabelecer na atualidade como um dos principais desafios para as sociedades. Isto torna-se mais claro quando se nota que a insegurança hídrica se apresenta como uma ameaça para o bem-estar humano e a saúde dos ecossistemas, podendo levar as pessoas e as economias a permanecerem pobres e vulneráveis (GARRICK; HALL, 2014).

Nesta perspectiva, há uma crescente tomada deste objeto para estudos e projetos, tendo em vista que 80% da população mundial vive em regiões com severas ameaças à segurança hídrica, condicionando este elevado contingente populacional a terem suas necessidades básicas comprometidas, bem como pode provocar prejuízos a produção de alimentos e a preservação dos sistemas naturais (VÖRÖSMARTY et al., 2010 *apud* GARRICK; HALL, 2014).

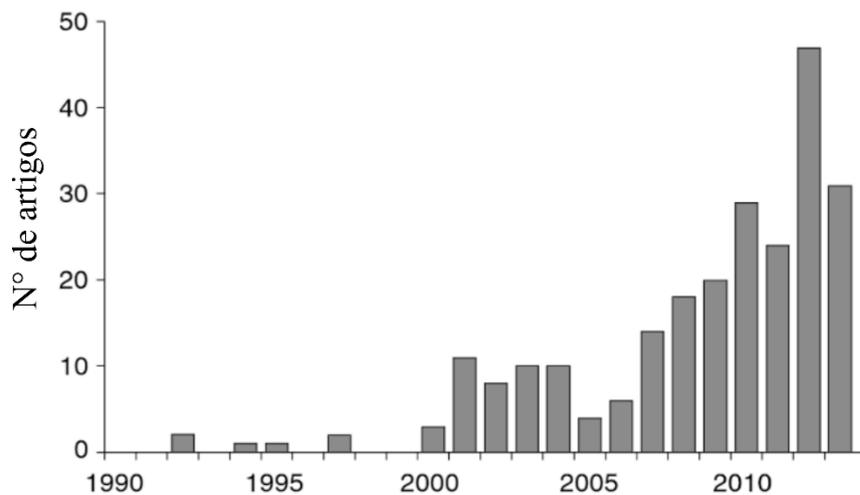
Em termos históricos, a primeira utilização do conceito de segurança hídrica remonta ao início da década de 1990, relacionado ao contexto geopolítico do Oriente Médio, tendo como ponto central de investigação a escassez hídrica e conflitos políticos. Até então,

este conceito era raramente empregado, mas quando de sua abordagem, estava intimamente ligado com outros tipos de segurança, como a alimentar e militar (COOK; BAKKER, 2013; STADDON; JAMES, 2014). A partir de então, o conceito de segurança hídrica deixou de ser mais ligado ao seu nicho original, a saber, aos estudos voltados a segurança internacional e hidropolítica, para ser mais amplamente utilizado em outras áreas do conhecimento.

Assim, a ampla utilização deste termo é relativamente recente, tendo atualmente enquadramentos diversos, variando com o contexto e as perspectivas disciplinares, incluindo questões que vão além da quantidade e disponibilidade de água, acrescentando em suas análises a qualidade, a saúde humana e preocupações ecológicas (COOK; BAKKER, 2012, 2013).

A constatação do crescimento do uso do termo segurança hídrica nas últimas duas décadas, principalmente no intervalo de 2007 a 2013, pode ser verificado a seguir (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Evolução do quantitativo de artigos contendo o termo segurança hídrica na literatura acadêmica (1990 - 2013).



Fonte: Cook e Bakker (2016).

Para Bakker (2012), esta situação reforça o dinamismo e a atenção dada a segurança hídrica ao longo das últimas duas décadas, destacando que mais de 400 artigos sobre esta temática tem aparecido em trabalhos relacionados as ciências naturais, sociais e médicas nos últimos 20 anos, ressaltando ainda que mais de 50% destes estudos foram publicadas a partir de 2010.

No entanto, torna-se oportuno relatar que a sua utilização não está concentrado em uma única área do conhecimento, ao contrário, este é um objeto de estudo que vem sendo empregado em uma ampla gama de disciplinas, em que dentre as que mais publicam nesta

temática, pode-se apontar: recursos hídricos, ciências ambientais/ecologia, engenharias (civil, ambiental, química etc) e ciências sociais (relações internacionais, direito, antropologia, economia, dentre outras) (COOK; BAKKER, 2012, 2013).

Este panorama, demonstra que diferentes ramos científicos encontram-se atualmente engajados nas pesquisas sobre segurança hídrica, em que cada uma dessas ciências parte de uma referencial teórico-metodológico específico e de uma determinada escala de análise (COOK; BAKKER, 2013). Assim sendo, estes estudos, tem focado em diversos setores, como na agricultura, água portátil, serviços ecossistêmicos, bem como partem de diversas escalas espaciais, sejam elas a nível doméstico, estado-nação ou de bacias hidrográficas (COOK; BAKKER, 2013; JEPSON et al., 2017b).

A partir de uma busca abrangente pelo termo segurança hídrica na literatura acadêmica de língua inglesa, Cook e Bakker (2013) sintetizaram as questões anteriormente tratadas, ao apresentarem que: I – o uso do termo tem crescido rapidamente; II – a admissão do termo tem ocorrido em uma variedade de disciplinas; III - os enquadramentos variam consideravelmente e IV – as pesquisas variam em seus métodos e escalas de aplicação.

Em decorrência dessa variedade de questões em torno da segurança hídrica, esta pode ser enquadrada em quatro domínios gerais, a saber: I - desenvolvimento humano, II - sustentabilidade ecológica, III - geopolítica e relações internacionais e IV - vulnerabilidade e riscos (COOK; BAKKER, 2012).

A seguir (Quadro 2), encontram-se ordenados os domínios conceituais de segurança hídrica com suas respectivas abordagens, escalas espaciais e exemplos de indicadores empregados na sua avaliação.

Quadro 2 - Aspectos dos domínios conceituais da segurança hídrica.

Domínio Conceitual	Referente	Orientação	Arena de Interesse	Indicadores de insegurança hídrica
Desenvolvimento humano	Família	Reprodução social; saúde humana e bem-estar	Doméstico	Escala de segurança hídrica doméstica (JEPSON, 2014; JEPSON; VANDEWALLE, 2016); Índice de Pobreza Hídrica (KORC; FORD, 2013); Requisito Básico de Água (GLEICK, 1996)
Sustentabilidade	Processos ecológicos	Serviços de ecossistemas; Alocação de recursos	Biofísico	Índice de sustentabilidade de segurança hídrica (NORMAN et al., 2013); Índice de Sustentabilidade da

		entre usos concorrentes		Bacia Hidrográfica (CHAVES; ALIPAZ, 2007); Índice de Avaliação da Segurança Hídrica Urbana (HUANG et al., 2015)
Geopolítica	Estado-nação	Segurança nacional; Segurança das infra-estruturas; Capacidades de produção; estabilidade política	Político	Índice de pobreza hídrica (SULLIVAN, 2002); Disponibilidade de água (FALKENMARK et al., 1989)
Vulnerabilidade e riscos	População	Saúde humana e bem-estar	Regional	Disponibilidade de água (SCOTT et al., 2013)

Fonte: Cook e Bakker (2012), Jepson (2014), Jepson et al., (2017a).

Conforme o exposto, a segurança hídrica ancorada na perspectiva do desenvolvimento humano está centrada em investigar como a água afeta a reprodução social, a saúde humana, o bem-estar e demais capacidades humanas. Além disto, também tem como foco a luta e o direito a água, bem como a necessidade de ter esse recurso de forma acessível e de qualidade aceitável para uma vida saudável e para a autonomia cultural (JEPSON, 2014).

Definição que contempla essa concepção é encontrada em Rijsberman (2006), o qual aponta que a condição de insegurança hídrica é estabelecida quando um indivíduo não tem acesso a água segura a um preço acessível para satisfazer suas necessidades básicas e de subsistência. Corroborando essa conceituação, Jepson (2014) afirma que o quadro de insegurança hídrica é atingido quando os indivíduos são expostos a uma situação em que a água é inadequada, não confiável e inacessível para uma vida saudável.

Diferente da perspectiva anterior (de caráter antropocêntrica), a segurança hídrica no domínio da sustentabilidade volta-se aos serviços ecossistêmicos como suporte para todas as formas de vida, ou seja, não restringe suas análises as dinâmicas sociais. Desse modo, a segurança hídrica a partir desta ótica pode ser entendida como “o acesso sustentável, em termos de bacia hidrográfica, de água em quantidade adequada e qualidade aceitável, para garantir a saúde humana e do ecossistema” (NORMAN et al., 2010, p. 14).

Por sua vez, a segurança hídrica baseada na abordagem geopolítica, tem como referência o Estado-nação, partindo das relações entre os regimes internacionais de poder econômico e político. Neste contexto, um quadro de insegurança hídrica pode atuar como uma ameaça à integridade, a estabilidade ou a competitividade de um país no contexto global.

Já o último domínio conceitual, visa entender como as mudanças climáticas aliadas as diversas formas de poluição podem propiciar quadros de vulnerabilidades e riscos de privação de água para as sociedades. Pesquisas baseadas nesta abordagem, comumente empregam escalas regionais para analisar suas questões de interesse.

Diante do que foi exposto, ressalta-se que mesmo neste cenário, de ampla ascensão e emprego em diversos setores e disciplinas, a segurança hídrica ainda permanece vagamente definida, como atestado por trabalhos voltados a sua revisão teórica, que confirmam seu dinamismo conceitual (COOK; BAKKER, 2012; STADDON; JAMES, 2014; JEPSON et al., 2017b). Esta condição se deve ao fato de se tratar de um conceito emergente, abrangente e global, proporcionando assim, múltiplas definições, algumas delas, concorrentes (NORMAN et al., 2010).

Prosseguindo a discussão em torno de sua problemática conceitual, como mencionado anteriormente, o emprego da segurança hídrica nos estudos do início da década de 1990, estava mais ligada a segurança militar e alimentar. Contudo, um marco importante nesta evolução conceitual foi dado em 2000, quando no Segundo Fórum Mundial, a Parceria Global da Água estabeleceu uma definição integrativa de segurança hídrica, ao considerar que

A segurança hídrica em qualquer nível, da residência ao global significa que cada pessoa tem acesso suficiente a água segura a um custo acessível para levar uma vida limpa, saudável e produtiva, garantindo que o ambiente natural seja protegido e aprimorado (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2000, p. 12 *apud* GERLAK e MUKHTAROV, 2015).

A partir desta definição, uma gama de pesquisadores e instituições, adotaram o termo e estabeleceram vários significados. Neste contexto, quatro temas tiveram maior representatividade nas pesquisas e abordagens sobre segurança hídrica, a saber: I - disponibilidade de água, II - vulnerabilidade humana aos perigos, III - necessidades humanas e IV - a sustentabilidade (COOK; BAKKER, 2012).

Neste sentido, cabe apontar a limitação da abordagem pautada em termos de quantidade disponível, pois mesmo onde existe disponibilidade de água suficiente, a degradação da sua qualidade pode limitar seu uso pela sociedade e afetar a saúde humana, bem como dificultar o equilíbrio da biodiversidade aquática. A ocorrência destes cenários, pode colocar em situação de acentuada vulnerabilidade, principalmente as comunidades rurais e os pobres peri-urbanos (BOGARDI et al., 2012; JEPSON; VANDEWALLE, 2016).

Com o crescente número de setores interessados em investigá-lo, o conceito de segurança hídrica foi evoluindo na última década e está em fase de evolução por meio do diálogo contínuo, principalmente em órgãos internacionais e em disciplinas acadêmicas. Neste sentido, ressalta-se que algumas definições são mais abrangentes, enquanto outras se concentram em um ou dois elementos da segurança hídrica que são mais importantes para uma área específica (NORMAN et al., 2010).

Dito isto, conceituações de caráter abrangente são comumente encontrados em documentos da agências internacionais, a exemplo da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) e da Parceria Global da Água, os quais partem do pressuposto que a segurança hídrica corresponde a situação em que a água e o saneamento são adequados, confiáveis ou acessíveis em todos os momentos para as capacidades produtivas da sociedade (JEPSON, 2014).

Por outro lado, uma definição mais específica pode ser encontrada em alguns autores, como Grey e Sadoff (2007, p. 548) ao definirem segurança hídrica como “a disponibilidade de uma água em quantidade e qualidade aceitável para a saúde, subsistência, ecossistemas e produção, juntamente com um nível aceitável de riscos relacionados à água para pessoas, ambientes e economias”.

Mediante os aspectos apresentados, se dará mais ênfase a seguir, na concepção de segurança hídrica pautada nas necessidades humanas, tendo em vista ser esta o referencial empregado nesta pesquisa.

A respeito da análise da segurança hídrica tendo como foco as dinâmicas sociais, esta é uma abordagem que contempla uma variedade de temas, incluindo: acesso a água, segurança alimentar, direito humano aos recursos hídricos, geração de energia, indústria e transporte (BOGARDI et al., 2012; GERLAK; MUKHTAROV, 2015). Uma definição baseada neste enquadramento foi concebida por Witter e Whiteford, (1999, p. 2) *apud* Cook e Bakker (2013), segundo os quais

segurança hídrica é uma condição onde há quantidade de água suficiente em uma qualidade necessária, a um preço acessível, para atender necessidades a curto e longo-prazo para proteger a saúde, segurança e bem estar [...] de famílias, comunidades, bairros ou nações.

Conceituação similar é encontrada em Jepson e Vandewalle (2016), ao apresentarem a segurança hídrica sobre a ótica do desenvolvimento humano como sendo a

situação em que a população possui a capacidade de obter e se beneficiar de uma água adequada, confiável e acessível, para que favoreça o bem-estar e a condução de uma vida saudável.

Perante o quadro teórico apresentado sobre a segurança hídrica, o qual evidenciou-se sua variedade e dinamicidade de conceitos, abordagens, indicadores e escalas, deve-se pôr em evidência para quais propósitos esta metodologia se volta, esclarecendo suas potencialidades enquanto uma disciplina em ascensão nas pesquisas científicas e em programas políticos-governamentais.

Assim sendo, os estudos de segurança hídrica pautados em indicadores têm como potencial fornecer aos formuladores de políticas, comunidades e governos, informações necessárias para que possam definir prioridades, avaliar a qualidade de vida da população, melhorar as condições ambientais e avaliar os impactos dos projetos relacionados a essa temática (JEPSON, 2014).

Além desses aspectos práticos-utilitários, os estudos pautados na segurança hídrica também podem proporcionar a compreensão dos riscos associados a escassez de água e a baixa qualidade desta para a sociedade e do mesmo modo, compreender como as variáveis que corroboram para a insegurança hídrica se distribuem nos territórios e perceber quais os grupos sociais mais afetados (NORMAN et al., 2010).

3.3 Segurança hídrica doméstica

Uma das pesquisas pioneiras sobre a segurança hídrica a partir da escala doméstica foi realizada por Hadley e Wutich em 2009, na área da antropologia médica. Neste trabalho, os autores desenvolveram um indicador empírico para relacionar como as experiências referentes aos problemas dos usos da água se conectavam ao sofrimento emocional dos indivíduos, em uma comunidade peri-urbana de Cochabamba, na Bolívia (JEPSON et al., 2017a).

O marco teórico indicado evidencia que são recentes os estudos e abordagens que tomam a escala domiciliar como unidade de análise para investigar as dinâmicas relacionadas a água no ambiente familiar.

Em relação a importância do recorte espacial, oportuno destacar que para se obter um panorama representativo da segurança hídrica de um país, torna-se necessário a realização de avaliações em múltiplos níveis (do local ao global), focando tanto nos aspectos sociais quanto ambientais. Neste sentido, embora as análises realizadas considerando a escala nacional

sejam úteis para comparações entre países, por outro lado, podem ocultar a diversidade dos quadros de segurança hídrica presentes em um dado país, podendo assim, mascarar variações significativas que ocorrem em escala local (COOK; BAKKER, 2013).

Neste âmbito, Jepson et al., (2017a), defendem que as pesquisas que partem da análise da segurança hídrica doméstica não podem se apoiar em levantamentos nacionais-administrativos, pois embora importantes, os dados destes recenseamentos sobre a infraestrutura doméstica, fornecem apenas algumas características isoladas que contribuem para a insegurança hídrica. Logo, não permitem realizar análises mais complexas das múltiplas dimensões que compõem a insegurança hídrica na escala domiciliar.

Neste contexto, a unidade de análise considerada em parte dos estudos de segurança hídrica na perspectiva do desenvolvimento humano é o domicílio, sendo este o espaço onde encontram-se os agregados familiares, que por sua vez, podem ser concebidos como uma unidade-chave da provisão de água e onde a maioria dos serviços são acessados e que na escala global, representa 4% do total de consumo de água (BAKKER, 2003). Assim, a família pode ser considerada como uma instituição de gestão, por estar repleta de ações e comportamentos relacionados ao uso da água (JEPSON, 2014).

Partindo-se das análises da segurança hídrica domiciliar, é possível pôr em evidência quais fatores contribuem para a variabilidade da segurança hídrica entre residências que apresentam características socioeconômicas semelhantes, condição que não seria viável em outras escalas de avaliação (JEPSON; VANDEWALLE, 2016).

Ressalta-se que existem diversos graus de acesso a água, logo, em muitas cidades dos países em desenvolvimento é difícil definir se as famílias individuais conseguem alcançar níveis satisfatórios de segurança hídrica. Em tais espaços, o entendimento que se tem é que a população empobrecida é a que mais sofre com os serviços de provisão de água de baixa qualidade, fato, que os tornam mais vulneráveis aos impactos da insegurança hídrica doméstica (CHENOWETH et al., 2013).

Partindo da premissa de que mesmo populações em situação socioeconômica similar podem apresentar quadros diferenciados de abastecimento em suas residências, é que foram desenvolvidos parâmetros para avaliar a provisão de água nos agregados domiciliares, incluindo variáveis relacionadas ao acesso, quantidade e qualidade. Porém, como somente a pouco tempo essas métricas começaram a ser aplicadas, tais ferramentas analíticas ainda encontram-se em fase inicial de desenvolvimento e aperfeiçoamento (JEPSON et al., 2017a).

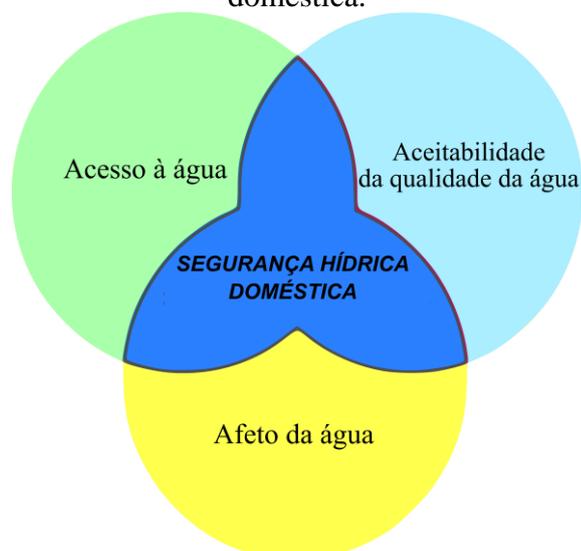
Jepson (2014), aponta que mesmo diante da importância desta temática, no início do século XXI ainda não existia nenhum índice voltado a analisar a segurança hídrica na escala doméstica. Foi somente a partir de 2009, que cientistas sociais e pesquisadores da saúde pública começaram a implementar medidas para avaliar a insegurança hídrica em domicílios.

Estudos desenvolvidos nesta perspectiva foram conduzidos por Jepson (2014) e Jepson e Vandewalle (2016) para investigar a situação da segurança hídrica domiciliar de comunidades de baixa renda ao longo da fronteira entre o Texas (EUA) e o México, para isso, aplicaram uma escala que tornou possível constatar a alta variação entre o acesso a água entre as comunidades e mesmo no interior destas. Destaca-se que um dos grandes feitos desta pesquisa, foi a realização de uma abertura conceitual, ao incluir a família como unidade de análise.

Já em outro contexto, Chenoweth et al., (2013) realizaram estudo sobre a segurança hídrica com vista a escala doméstica tomando como área de pesquisa duas cidades localizadas na Etiópia e no Quênia, os quais deram ênfase nas análises sobre a quantidade e qualidade da água e como estas variáveis impactavam a população.

Visando uma melhor sistematização das condições que favorecem o alcance de quadros satisfatórios de segurança hídrica, Jepson (2014) propôs três dimensões conceituais da que se inter-relacionam, como pode ser observado a seguir (Figura 7), seguido da explanação sobre cada domínio.

Figura 7 - Interação entre os domínios conceituais para atingir um status de segurança hídrica doméstica.



Fonte: Adaptado Jepson (2014) por Soares (2017).

- **Acesso à água:** representa a capacidade de acesso a água para fins de consumo, incluindo o acesso físico, o custo acessível e a confiabilidade.
- **Aceitabilidade da qualidade da água:** inclui as diversas características biofísicas da qualidade da água, referente ao seu gosto, cor, cheiro etc., sendo que estas características influenciam o uso da água e a saúde humana/bem-estar.
- **Afeto da água:** corresponde as experiências emocionais, culturais e subjetivas relacionadas a água.

Referente a primeira variável, se para obter água é preciso que os indivíduos percorram extensos caminhos, isso pode demandar tempo e esforço físico e assim, nestas condições, a água não pode ser considerada acessível. Outro parâmetro relacionado ao acesso, corresponde a capacidade de comprá-la de fontes confiáveis, sem que para isso, seja necessário grandes encargos financeiros, ressaltando que não existe um padrão quanto ao valor, tendo em vista que a porcentagem da renda mensal dos gastos com água difere entre grupos sociais.

Por sua vez, a aceitabilidade da qualidade da água reflete a sua qualidade física e biológica, em que a sua determinação não está necessariamente ligada a testes padronizados, como aqueles realizados em laboratórios, e sim, como percebido e sentido pelos usuários em suas experiências cotidianas. Logo, isto torna-se uma questão importante, já que uma água de qualidade que não atenda as expectativas dos usuários, pode influenciar nas práticas domésticas, por vezes, demandando que se procure fontes alternativas e gerando novas despesas.

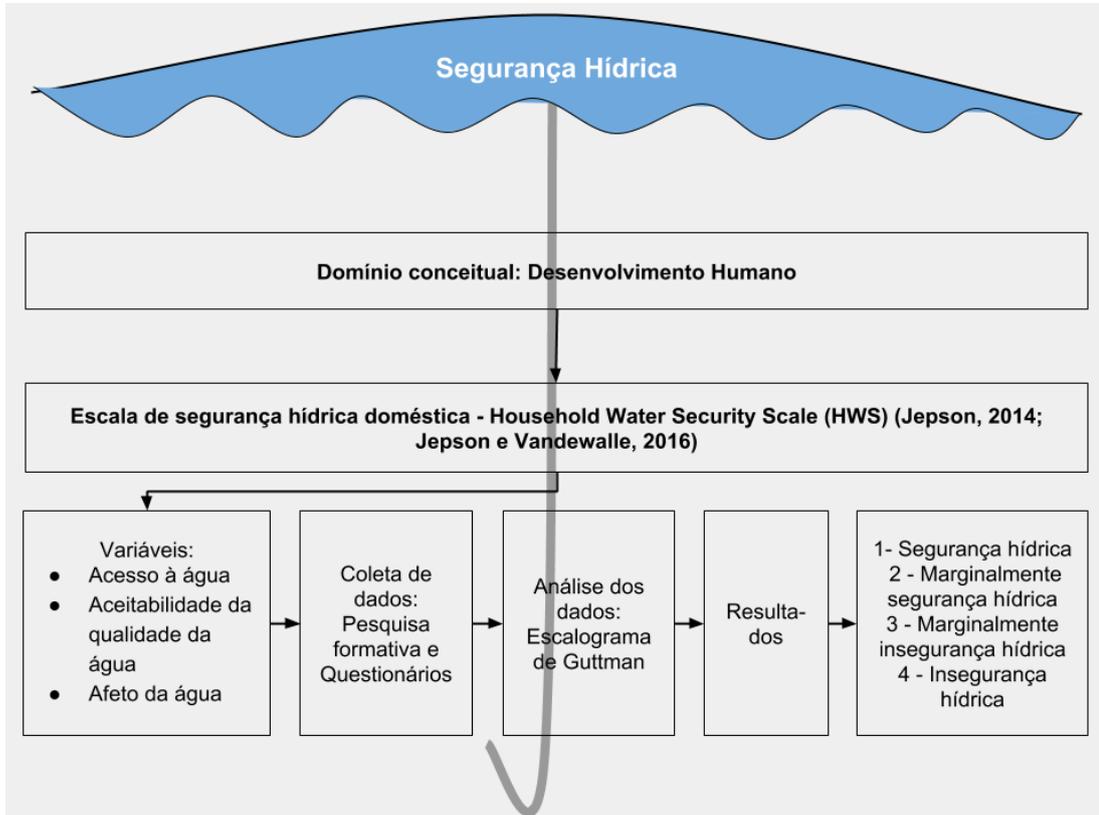
Por último, a terceira dimensão correspondente as questões emocionais em torno da água, em que dependendo de como esta é obtida e as adversidades encontradas, isto pode afetar o bem-estar dos sujeitos. Como exemplo, pode-se considerar que se a água utilizada na residência possui padrões de qualidade abaixo do que os usuários consideram adequada, esta condição pode acarretar respostas emocionais negativas, tendo em vista que a água não atende as suas expectativas sociais e culturais. Com a incorporação desta última variável, os autores deram uma contribuição aos estudos de segurança hídrica, ao defenderem que esta não se limita apenas as dimensões de acesso e qualidade (JEPSON et al., 2017a).

Como demonstrado, a segurança hídrica nesta perspectiva é capaz de realizar análises mais abrangentes, tendo em vista que não considera apenas o acesso físico, já que o preço acessível, a qualidade conforme a percepção dos residentes e as suas experiências subjetivas também são importantes para entender as dinâmicas do abastecimento doméstico (JEPSON; VANDEWALLE, 2016).

Um exemplo de uma pesquisa estruturada nos preceitos apresentados, foi desenvolvida por Jepson (2014) e Jepson e Vandewalle (2016), em que visando identificar diferentes variações de níveis de segurança hídrica nos agregados familiares, aplicou formulários com perguntas que abordavam sobre cada uma das dimensões consideradas (acesso, qualidade e afetividade). Para analisar os dados coletados, utilizou um escalograma experiencial (baseado em Guttman, 1945), o qual permitiu agrupar de forma estatística as famílias em quatro classes de segurança hídrica, as quais foram denominadas originalmente como: 1 - *Water Secure*, 2 - *Marginally Water Secure*, 3 - *Marginally Water Insecure* e 4 - *Water Insecure*; podendo traduzi-las como: 1 - segurança hídrica, 2 - marginalmente segurança hídrica, 3- marginalmente insegurança hídrica e 4 - insegurança hídrica.

Uma síntese da base teórica-metodológica da segurança hídrica empregada nesta pesquisa, pode ser observada no fluxograma a seguir (Figura 8), o qual demonstra o enquadramento conceitual, a métrica de avaliação, variáveis utilizadas, método de coleta e análise dos dados e por fim, a categorização dos resultados obtidos.

Figura 8 - Aspectos teóricos-metodológicos da abordagem de segurança hídrica doméstica selecionada no estudo.



Fonte: Soares (2017).

A partir do exposto, considera-se que a insegurança hídrica é uma condição em que pelo menos uma das variáveis consideradas é significativamente reduzida ou inalcançável nos domicílios, de modo que possa ameaçar o bem-estar dos indivíduos nas esferas da saúde física e mental, bem como comprometer a realização de atividades produtivas e culturais (JEPSON et al., 2017a).

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, partiu-se em um primeiro momento de um extenso levantamento bibliográfico sobre as temáticas de interesse, bem como de materiais cartográfico da área de estudo, considerando-se as informações e conhecimentos já produzidos, para que pudessem subsidiar a produção deste trabalho.

Assim, realizou-se a análise de anais de eventos, livros, artigos, dissertações, teses, bem como a consulta a relatórios e outros documentos técnicos. Para a aquisição destes materiais, foram consultados os acervos de bibliotecas digitais de instituições governamentais (COGERH, CAGECE, IBGE, CAPES etc), de universidades (UFC, UECE, USP), assim como de plataformas indexadoras de trabalhos científicos, como o *Web of Science*.

Em relação a temática da fragilidade ambiental urbana, além do trabalho original de (ROSS, 1994), que apresenta as suas bases teóricas-metodológicas, também analisou-se as pesquisas de Santos (2011, 2016) e Santos e Ross (2012), as quais por conterem a indicação dos aspectos metodológicos e operacionais do modelo de fragilidade para os ambientes urbanizados, foram tomadas como referência para a aplicação do referido modelo na área de estudo.

A respeito das referências sobre a segurança hídrica, destaca-se que estas encontram-se predominantemente em língua inglesa, produzidos principalmente por autores estadunidenses e ingleses, a exemplo dos trabalhos de Bakker (2003, 2012), Bakker e Morinville (2013), Cook e Bakker (2012, 2013, 2016) e Norman et al., (2010). Para fornecer subsídio a problematização, a fundamentação teórica e para a contribuição nas discussões em torno dos resultados, utilizou-se com maior ênfase autores que tratam da segurança hídrica na escala doméstica, como é o caso dos estudos conduzidos por Jepson (2014), Jepson e Vandewalle (2016) e Jepson et al., (2017a, 2017b).

Concernente aos insumos cartográficos, estes foram obtidos juntos a órgãos federais e estaduais, como o IBGE, IPECE, FUNCEME e SEMACE. A partir de então, organizou-se uma base cartográfica digital, composta por arquivos vetoriais e matriciais (*rasters*).

Recursos fundamentais ao reconhecimento da área e para a produção dos mapas temáticos, as imagens de satélite e de radar provenientes de plataformas aéreas e orbitais, foram empregados para a extração de dados sobre a altimetria, uso e ocupação do solo, recursos naturais e demais variáveis socioambientais. Considerando-se a escala de trabalho, referente a

1:10.000 e por conta da reduzida extensão territorial da área de estudo, foi necessário a utilização de imagens de alta resolução espacial (*pixels* menores do que dois metros no terreno).

A seguir (Quadro 3), encontram-se os dados cartográficos que deram suporte para realização das análises espaciais e para a elaboração dos mapeamentos. Referidos dados foram manipulados tanto no sistema de coordenadas geográficas, como no sistema de coordenadas planas UTM, quando da necessidade do cálculo de áreas. Em ambos os sistemas, adotou-se o *datum* horizontal SIRGAS 2000 e no caso do sistema UTM, considerando-se a zona 24 Sul.

Quadro 3 - Dados cartográficos de apoio à pesquisa.

Dados vetoriais	Fonte	Dados matriciais	Fonte	Resolução espacial / escala
Malha viária e arruamento	IPECE	Imagem do satélite RapidEye (2011)	MMA	5 m
Recursos hídricos	IPECE	Modelo Digital de Terreno	I: SEMACE (gerado por <i>Lidar</i>). II: IPECE (gerado a partir de curvas de nível de 5m)	I: 50 cm II: 2 m
Curvas de nível (equidistância de 2 e 5 m)	SEMACE e IPECE	Ortofotos (2014)	SEMACE	20 cm
Unidades de Conservação	SEMACE	Fotografias aéreas (1958, 1972 e 1987)	CPRM	1:25.000 – 1:35.000
Setores censitários e grade estatística	IBGE	Imagem do satélite QuickBird (2006, 2009)	IPECE	60 cm
Limites políticos-administrativos	IBGE	Ortofotos (2006)	IPECE	2 m
Mapeamento temático (geologia, geomorfologia, vegetação etc)	IBGE, IPECE, SEMACE	Fotografias aéreas (2009-2013)	Assembleia Legislativa do Estado do Ceará	-
Planta geral da rede de água do Pecém	CAGECE	Fotografias aéreas (2017-2018)	Fortcasa loteamentos	-

Fonte: Soares (2017).

Para processar, analisar e representar os dados espaciais em forma de mapas temáticos, utilizou-se dois *softwares* de Sistema de Informações Geográficas (SIG), um de licença gratuita, referente ao QGIS 2.18 e outro de licença comercial, correspondente ao ArcGIS® 10.4. Além destes, também empregou-se o programa Google Earth Pro 7.3, o qual

permitiu o acesso a imagens de satélite de alta resolução espacial, auxiliando assim, no reconhecimento da área, nos trabalhos de campo e na análise multitemporal do espelho d'água da lagoa do Pecém. Tais imagens também foram integradas as análises realizadas no QGIS, em que para a importação destas, utilizou-se o complemento *QuickMapServices*.

Para a representação morfológica tridimensional e a construção do perfil topográfico-geomorfológico da porção NE – SE da área de estudo, fez-se o uso dos *plugins* disponíveis no QGIS, *Qgis2threejs* e *Profile tool*, os quais permitiram a manipulação de um Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução espacial de 50 cm e precisão altimétrica de 15 cm, gerado por meio da tecnologia *Lidar (Light Detection And Ranging)*. Para organizar estes produtos e compor o *layout* final, fez-se a importação dos dados para o *software* livre de desenho vetorial Inkscape.

Como o MDT citado, não abrangia todo o recorte espacial da pesquisa, para que fosse possível analisar as características morfométricas do território como um todo, foi necessário elaborar outro MDT, baseando-se nas curvas de nível com equidistância de 5m (IPECE), interpoladas no SIG ArcGIS®, possibilitando a geração de um MDT com resolução espacial de 2m.

Além dos dados georreferenciados, também recorreu-se a dados tabulares, como os disponibilizados pelo IBGE, CAGECE, COGERH, FUNCEME e IPECE, os quais apresentam uma gama de variáveis relacionadas aos aspectos sociais, econômicos e ambientais, as quais foram tratadas na planilha eletrônica Microsoft Excel® 2016, possibilitando a realização das operações estatísticas e a geração dos gráficos e tabelas.

Nas etapas realizadas em campo, foram utilizados aparelhos receptores GPS eTrex 10 com precisão aproximada de 3m, para a coleta de coordenadas dos pontos de interesse, associado ao registro destes em imagens por meio de câmeras fotográficas digitais, assim como pranchetas e cadernetas de campo para realização de anotações sobre as questões investigadas.

4.1 Fragilidade ambiental urbana

Para a avaliação da fragilidade ambiental do núcleo urbano do distrito do Pecém, empregou-se o modelo de Santos e Ross (2012), por conta desta proposta contemplar as dinâmicas dos espaços urbanizados, as quais manifestam na área de estudo.

Diante disto, partiu-se inicialmente da elaboração do mapa geomorfológico na escala de 1:10.000, o qual representa um dos produtos intermediários para a produção do mapa de fragilidade, tendo em vista que a compartimentação do relevo pode servir como suporte para a correlação entre as condicionantes e características do meio físico-natural (FIERZ, 2008).

Logo, para o desenvolvimento desta representação, recorreu-se a metodologia de taxonomia do relevo proposta por Ross (1992), a qual serviu como suporte para que nas incursões a campo, realizasse a identificação visual dos padrões de formas semelhantes, considerando a fisionomia, rugosidades e declives do terreno e a gênese das formas.

Realizadas concomitantemente a etapa anterior, os trabalhos em gabinete, consistiram na interpretação de imagens de alta resolução espacial, como as do satélite QuickBird e de ortofotos, fotografias aéreas, assim como da análise de MDT's e dos dados extraídos destes, como altimetria, curvas de nível e declividade.

A partir deste percurso teórico-metodológico, foi possível a definição dos padrões de formas de relevo (correspondente ao 3º táxon na proposta de Ross, 1992), os quais foram vetorizadas em ambiente SIG considerando-se a escala de mapeamento e os objetivos da pesquisa.

Após o estabelecimento das unidades de relevo, partiu-se para a determinação dos níveis de fragilidade dos compartimentos identificados, em que inicialmente, considerou-se como parâmetro a declividade, por se tratar de uma investigação com um maior nível de detalhamento. Nesta premissa, tendo em vista a sede urbana do Pecém estar situada em um espaço onde há a primazia de superfícies planas, hierarquizou-se os graus de fragilidade em cinco categorias, conforme os intervalos estabelecidos a seguir (Tabela 3).

Tabela 3 - Níveis de fragilidade ambiental associado as classes de declividade.

Categorias hierárquicas	Declividade
1 - Muito fraca	0 - 4%
2 - Fraca	4 - 8%
3 - Média	8 - 13%
4 - Forte	13 - 20%
5 - Muito forte	Maior que 20%

Fonte: Adaptado de Santos e Ross (2012).

Importante salientar que além da variável declividade, também considerou-se para determinar a fragilidade das feições geomorfológicas, os materiais constituintes e os processos associados a cada compartimento de relevo, para que assim, este componente fosse tratado em uma perspectiva integrada.

A segunda variável para definir os níveis de fragilidade ambiental, corresponde a fragilidade dos solos frente aos diferentes estágios de urbanização, tendo em vista que estes padrões interferem nas propriedades pedológicas quanto a erosão, ao escoamento e a infiltração, por conta das alterações provocadas pela impermeabilização asfáltica, aterros e compactações. Neste sentido, a classificação a seguir (Tabela 4), apresenta a determinação da fragilidade dos solos considerando sua relação com as características das infraestruturas urbanas.

Tabela 4 - Fragilidade da componente pedológica frente aos efeitos da urbanização.

Classes de Fragilidade	Tipos de solos e urbanização
1 – Baixa	Latossolos de estrutura argilosa e média/argilosa; Nitossolo, Latossolo vermelho-amarelo em áreas dotadas de infraestrutura urbana.
2 - Baixa	Argissolos vermelho-amarelo com textura média/argilosa em áreas urbanas dotadas de boas condições de infraestrutura
3 – Média	Argissolos de textura média/arenosa em áreas urbanas dotadas de boas condições de infraestrutura
4 – Forte	Argissolos vermelho-amarelos de textura médias/arenosa; Neossolos Quartzarênicos em áreas com infraestrutura urbana.
5 – Muito forte	Argissolos com cascalhos; Gleissolos; Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos.

Fonte: Santos e Ross (2012).

Ressalta-se que a definição da fragilidade de cada tipo de solo foi baseada na proposta de Ross (1994), que por sua vez, considerou uma série de análises conduzidas por diferentes autores que tratam da vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos. Assim, foi a partir destas constatações, que indicou que os Latossolos se enquadram como de fragilidade baixa, enquanto que os Argissolos ou Neossolos podem ser classificados como possuindo fragilidade acentuada.

Por fim, é aplicado na hierarquização dos níveis de fragilidade, os graus de proteção aos efeitos das precipitações, considerando-se que os espaços que possuem uma cobertura vegetal mais desenvolvida e preservada, contam com uma maior proteção contra os impactos

erosivos dos fenômenos pluviométricos e assim, contribui para uma maior estabilidade do ambiente. Por outro lado, em locais desprovidos destas condições, o impacto oriundo das chuvas sobre os solos condiciona uma maior suscetibilidade a erosão, favorecendo a ocorrência de quadros mais severos de instabilidade.

Destaca-se que similar a questão da fragilidade dos solos, a proposta original de Ross (1994) não considera de forma adequada a ação das chuvas nos espaços urbanizados. Notando esta lacuna, Santos e Ross (2012) elaboraram uma classificação da fragilidade quanto aos graus de urbanização, os quais partiram da compreensão de que

a fragilidade em áreas urbanizadas está relacionada à intensidade do escoamento superficial, possibilidade de infiltração e drenagem após a incidência das chuvas, seja pelas intervenções estruturantes ou pelas condições naturais, suscetibilidade natural à inundação das áreas mais rebaixadas e possibilidade de movimentos de massa (SANTOS; ROSS, 2012, p. 136).

Considerando este preceito, hierarquizaram as diferentes tipologias de uso e ocupação do território associado às condições de infraestrutura e do ambiente natural com o intuito de definir as categorias de fragilidade ambiental (Tabela 5).

Tabela 5 - Categorias de fragilidade frente aos níveis de urbanização.

Graus de Fragilidade	Características das infraestruturas urbanas e dos espaços naturais
1 – Muito Baixa	Predomínio de condições naturais com um estrato vegetal bem desenvolvido e/ou em estágio de avançado de regeneração que favorece a infiltração, minimizando o escoamento pluvial. Setores de média urbanização situados em áreas mais elevadas que apresentam baixa declividade e contam com medidas estruturais e não estruturais para o controle de cheias.
2 - Baixa	Área urbanizada com drenagem eficiente, baixa declividade, presença de ações para controle de cheias, infiltração e redução do escoamento nas vias de circulação, nos lotes e nas construções.
3 – Média	Área urbanizada predominantemente impermeável com problemas de drenagem e constantes alagamentos e inundações. Ambientes com declividade praticamente nula, precariamente incorporados à drenagem, susceptíveis a inundações sazonais, que podem ter constituído antigas planícies de inundação de corpos hídricos e lacustres afetados ou não por atividades antropogênicas.
4 – Alta	Locais urbanizados e/ou semiurbanizados com precariedade nas construções e na infraestrutura para eventos pluviométricos de média/baixa intensidade. Áreas de inundação natural, como planícies lacustres, e setores mais abrigados das planícies fluviais e fluviomarinhas.
5 – Muito alta	Áreas críticas que deveriam ser destinadas à manutenção de sua funcionalidade sistêmica original. Ausência de infraestrutura e total precariedade dos constructos humanos, fruto do uso e ocupação desordenados do solo. Ambientes naturalmente favoráveis à inundação, tais como corpos hídricos e planícies de inundação.

Fonte: Santos (2016).

Algo a ser destacado, é que no emprego do referido modelo, a componente climatológica não foi considerada como uma variável independente (tal como o relevo, solos e cobertura) para a definição da fragilidade, tendo em vista que a área de estudo apresenta condições de homogeneidade em seus aspectos climáticos, principalmente por conta da sua reduzida extensão espacial (3,30 Km²). Esta condição, ocorre também em virtude da inexistência de relevos de altitudes expressivas que favoreçam a ocorrência de precipitações, ou mesmo, que condicionem a manifestação de temperaturas diferenciadas entre seus setores.

A respeito da utilização da metodologia de análise da fragilidade em espaços urbanizados, os autores desta proposta, defendem que uma de suas vantagens é a possibilidade de empregá-la tanto de forma qualitativa como quantitativa e que a sua execução viabiliza a elaboração de um produto cartográfico sintético, constituído de vários polígonos representantes das unidades de fragilidade potencial e emergente com seus respectivos graus de intensidade.

Ensinam ainda que para a produção deste mapa (fragilidade ambiental), é necessário a combinação dos dados e informações previamente organizados, envolvendo as variáveis mencionadas (relevo, solos e cobertura), em que, para cada uma destas associa-se um dígito arábico representando o seu grau de fragilidade, em que os indicadores associados a 1 possuem níveis muito baixo, enquanto que aqueles definidos como 5, são referentes aos níveis de intensidade mais elevados, ou seja, muito forte.

Com a definição do indicador de cada variável, classifica-se as unidades de fragilidade e seus graus de intensidade de acordo com o agrupamento dos dígitos. Como exemplo, uma área em que as três variáveis possuem níveis de intensidade 1, será classificada como de fragilidade potencial muito baixa (111). Por sua vez, um espaço em que os componentes possuam níveis de intensidade 5, corrobora para que se classifique como de fragilidade emergente muito forte (555), já que todas as variáveis apresentam características desfavoráveis ao equilíbrio ambiental.

Para conduzir estas operações, os dados referentes ao relevo, solo e cobertura, foram processados na interface do SIG QGIS, por meio de vetorizações sobre planos de informação de base (imagens de satélite, MDT, curvas de nível), seguido da manipulação das tabelas de atributos, sobreposição de camadas, ferramentas de geoprocessamento, como união das geometrias de mesmo valor e por fim, as quantificações (cálculos das áreas e porcentagem) e a organização dos planos de informação para a representação da distribuição espacial das

unidades de fragilidade (potencial e emergente) e suas categorias (variando de muito baixa a muito forte).

Mesmo sendo relatado que a metodologia empregada parte de uma análise integrativa entre as variáveis de cunho ambiental e social, a proposta utilizada se baseia no relevo para a determinação da fragilidade ambiental. No entanto, não se limita apenas a compartimentação do relevo ou a uma avaliação estática das feições, e sim, visa evidenciar as relações que se estabelecem entre o relevo e os demais recursos naturais, bem como considerando as intervenções antrópicas (SANTOS; ROSS, 2012).

4.2 Avaliação da segurança hídrica na escala domiciliar

Para investigar as dinâmicas em torno do abastecimento do núcleo urbano do Pecém, utilizou-se a abordagem concebida por Jepson (2014) e Jepson e Vandewalle (2016), denominada de *Household Water Security Scale* (HWS). Nesta proposta, que toma como unidade de estudo os domicílios, a avaliação da segurança hídrica não se limita apenas ao quantitativo de água disponível nas residências, pois considera outros parâmetros, tais como o preço acessível, qualidade a partir da visão dos usuários e as suas experiências subjetivas relacionadas a provisão de água no âmbito doméstico.

De acordo com as autoras, a condução de pesquisas pautadas nesta metodologia, perpassa pela obtenção de dados primários em campo a partir da aplicação de formulários junto a um membro de cada família.

Antes da efetivação desta etapa, realiza-se pesquisa de caráter formativa, do tipo qualitativa, para poder subsidiar o desenvolvimento do estudo (JEPSON et al., 2017a). Esta fase, no presente estudo, consistiu em observações participantes, com a aplicação de entrevistas e de quatro formulários pilotos, para que fosse possível perceber as reações dos indivíduos para com os pesquisadores, bem como, para auxiliar na identificação de perguntas respondidas com dificuldades ou que os participantes a percebessem como invasivas. A identificação dos obstáculos durante os testes foram úteis para que se estruturasse a versão final dos formulários, para que estes fossem condizentes com a realidade da população.

Também realizou-se contatos com líderes locais das associações de moradores, com os quais foram feitas entrevistas com seus gestores e participantes. Do mesmo modo, foram

feitas visitas ao órgão responsável pelo abastecimento público de água (CAGECE), para que se obtivesse um quadro preliminar das condições de provisão do distrito do Pecém.

Para este estudo, definiu-se como alvo para analisar as questões de interesse, 255 residências, sendo este montante determinado a partir do cálculo amostral, considerando-se os seguintes parâmetros, os quais foram inseridos em uma calculadora online destinada a esta operação²:

- População: total de domicílios na área de estudo = 1.265.
- Erro amostral: 5%.
- Nível de confiança: 90%.

Como ferramenta de coleta de dados, utilizou-se formulários semi-abertos, constituídos de perguntas quali-quantitativas distribuídas em oito blocos, relacionadas as dimensões que compõem a segurança hídrica na escala doméstica. Para cada questão, foi associado um código, para que facilitasse os processos de tabulação, os quais foram realizados na planilha eletrônica Microsoft Excel[®] 2016. Destaca-se, que para a construção dos gráficos do subcapítulo 6.2 e das discussões associadas, foram consideradas somente as respostas repassadas pelos usuários da CAGECE e que consideravam esta como a principal fonte em suas residências. Portanto, as análises desta parte do trabalho não consideraram o total de amostras e sim, um quantitativo em torno 150 interações, não sendo preciso esse valor, pois para algumas variáveis, alguns dados foram desconsiderados em virtude de falhas.

Os formulários foram aplicados durante os meses de abril a julho de 2017 pela equipe de pesquisa, composta por alunos da pós-graduação e graduação do Departamento de Geografia da UFC, os quais selecionavam as residências de forma aleatória, constituindo assim, amostras aleatórias simples. Do quantitativo de amostras estabelecido, foi possível a aplicação integral dos formulários, os quais tiveram duração variando de 15 a 40 minutos, e distribuídos em todos os setores residenciais da área de estudo, os quais foram delimitados a partir das experiências em campo, da cartografia de apoio e nos relatos dos moradores consultados.

O instrumento de obtenção dos dados, possuía em sua primeira parte, questões pessoais, referente a idade e tempo de moradia na residência, as quais constituíram a fase de triagem, pois considerou-se como sujeito apto a participar da pesquisa, a condição de ter idade superior a 18 anos e ser residente efetivo da casa a mais de 4 meses, considerando-se a data de

²SANTOS, G. E. O. Cálculo amostral: calculadora on-line. Disponível em: <<https://www.publicacoesdeturismo.com.br/calculoamostral/>>. Acesso em: 12 de mar. 2017.

abordagem do indivíduo. Em contrapartida, considerou-se como inválido a participação, pessoas com deficiência mental ou que assumiam não terem conhecimentos sobre as questões relacionadas a água no ambiente familiar.

Se o respondente se enquadrasse nos requisitos definidos, prosseguia-se com a realização das perguntas, as quais indagavam sobre diversos aspectos, tais como: sociodemográficas (6 itens), fontes de acesso a água, formas de tratamento e condições de saneamento (29 itens), disponibilidade e formas de armazenamento (4 itens e uma tabela), escala de acesso (29 itens) e de qualidade da água (9 itens), escala de *stress* provocado pela escassez de água na residência (12 itens), questões de renda e habitação (9 itens) e por fim, a avaliação da qualidade e confiabilidade dos dados coletados (4 itens respondidos pelo pesquisador).

Para atender os objetivos do trabalho, as análises foram direcionadas as informações obtidas nos blocos que abarcavam sobre o inventário das fontes de água, a pressão da rede geral, meios de armazenamento e as escalas de acesso e qualidade da água.

Visando formalizar a participação dos indivíduos, foi entregue a cada participante, um termo de consentimento e um material contendo as informações sobre o envolvimento na pesquisa, em que constava os objetivos do projeto, as instituições participantes, a descrição da forma de participação, os riscos e benefícios, a indicação de que a participação era voluntária e de que os dados coletados teriam caráter confidencial, sendo o participante identificado apenas por um número de identificação (ID). Por fim, o esclarecimento de que o estudo foi avaliado e aprovado pelo comitê de ética em pesquisas científicas com uso de seres humanos da Texas A&M University.

A fim de tornar as análises mais abrangentes, para cada residência avaliada, fez-se a coleta de suas coordenadas geográficas, por meio de um aparelho receptor GPS. Assim, mediante a obtenção da localização dos domicílios, foi possível realizar a distribuição espacial e os mapeamentos, por meio da importação dos dados georreferenciados para o SIG QGIS.

Além dos formulários, também recorreu-se a documentos oficiais com o intuito de complementar o entendimento dos aspectos relacionados a infraestrutura hídrica local, assim como, os dados destas fontes secundárias foram utilizados para comparar com as informações repassadas pelos indivíduos consultados. Dentre os materiais analisados, os principais foram o relatório técnico de 2017 da qualidade da água do SAA do Pecém (CAGECE, 2018) e relatórios de fiscalização do referido sistema, realizados pela Agência Reguladora de Serviços Públicos

Delegados do Estado do Ceará (ARCE, 2010; 2015). Também foram consultados os dados sobre o abastecimento contidos no censo demográfico do IBGE (2010), no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRASIL, 2016) e aqueles contidos no plano de saneamento de São Gonçalo do Amarante, acrescentando ainda nas análises, notícias referentes a temática veiculadas em portais da internet.

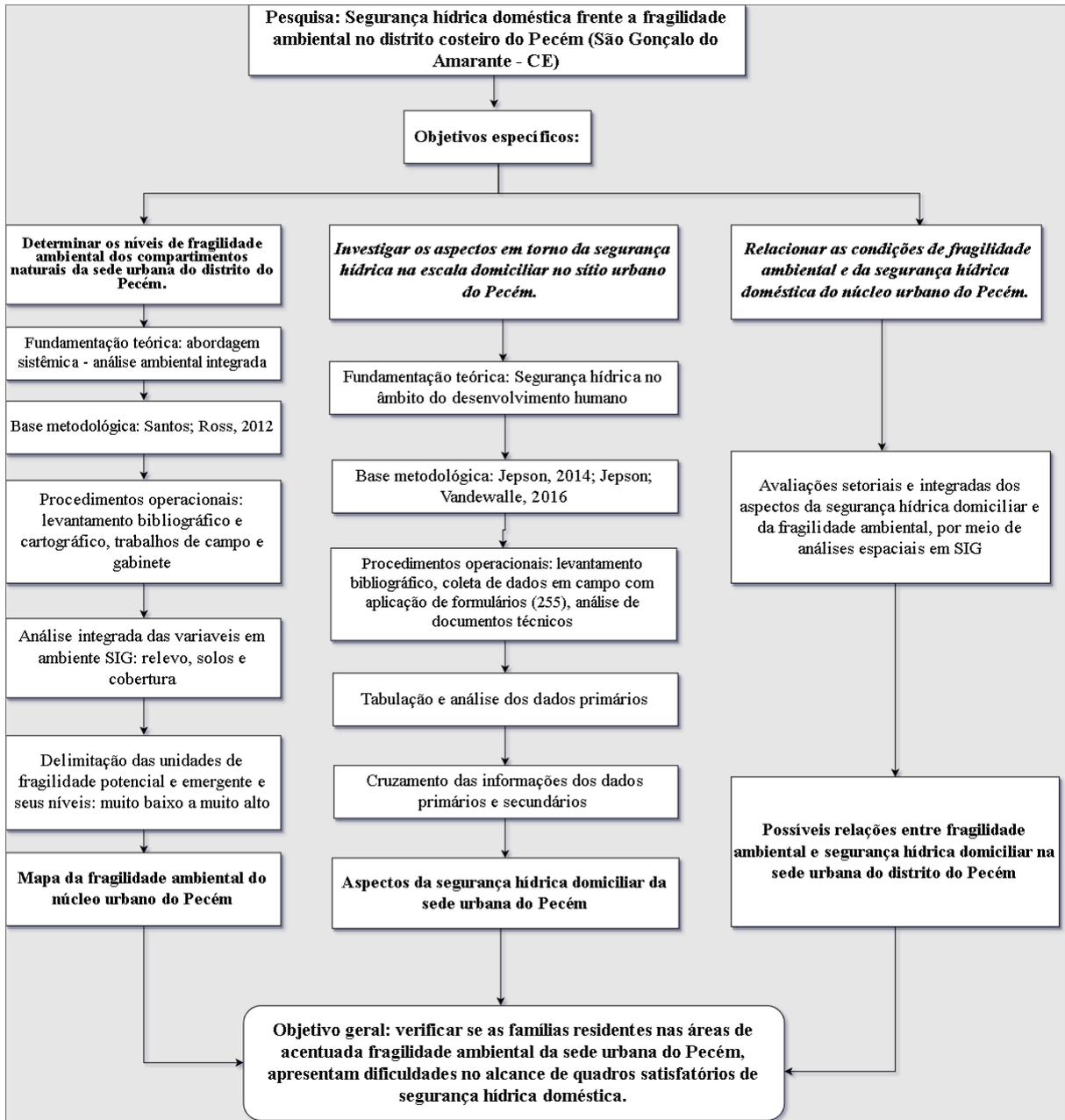
Para compreender as dinâmicas do abastecimento humano na sede do distrito do Pecém, foi preciso proceder primeiramente de uma avaliação individual e posteriormente, de forma integrada, dos dados primários coletados pelos formulários e aqueles provenientes das agências governamentais, para que fosse possível confrontar as informações provenientes destes materiais e com isto, enriquecer as discussões e apresentar um cenário representativo da segurança hídrica doméstica.

Já para relacionar as condições de provisão de água dos domicílios frente aos níveis de fragilidade ambiental, optou-se por analisar como as características associadas a cada um destes sistema se distribuía e se relacionavam no território, em que para isso, procedeu-se de análises espaciais no ambiente SIG com a sobreposição dos dados de cada um dos objetos de estudo.

Seguindo este percurso metodológico, foi possível verificar se os níveis de fragilidade do ambiente, notadamente dos espaços mais instáveis, poderiam atuar como um elemento que comprometesse o alcance de condições satisfatória de segurança hídrica doméstica.

O fluxograma a seguir (Figura 9), demonstra a sistematização dos elementos teóricos-metodológicos empregados na pesquisa.

Figura 9 - Fluxograma teórico-metodológico da pesquisa.



Fonte: Soares (2018).

5. FRAGILIDADE AMBIENTAL DO SÍTIO URBANO DO PECÉM

5.1 Compartimentação geomorfológica

O sítio urbano do Pecém, por estar situado na planície costeira de São Gonçalo do Amarante, apresenta naturalmente setores de elevada fragilidade ambiental, por conta das intensas dinâmicas naturais, referente aos processos advindos do continente, do mar e da atmosfera.

Além de sua inerente fragilidade ambiental, deve-se considerar que esta condição é acentuada em locais que sofrem com a forte pressão antrópica, já que esta é responsável por causar rupturas no equilíbrio natural, ao desencadear processos degenerativos e expor a atuação dos processos morfogenéticos.

A partir deste cenário, torna-se importante determinar os níveis de fragilidade, no sentido de pôr em evidência quais são as áreas mais frágeis e quais fatores contribuem para intensificá-la.

Neste aspecto, destaca-se na hierarquização das unidades de fragilidade a componente geomorfológica. Justamente por isso, faz-se necessário apresentar suas características de forma integrada de modo a interrelacionar com os demais elementos naturais.

O ambiente sobre o qual está localizado o núcleo urbano do Pecém tem sua origem associada as complexas interrelações de matéria e energia provenientes da dinâmica costeira. Trata-se de eventos eustáticos que fundamentaram a origem de uma diversidade de indicadores geoambientais relacionados a eventos de mudanças do nível relativo do mar (oscilações trans-regressivas) e climáticas, que atuaram na consolidação de toda a planície costeira cearense e em especial, do conjunto morfológico da área de estudo (MEIRELES et al., 1993; MEIRELES; SILVA; THIERS, 2006).

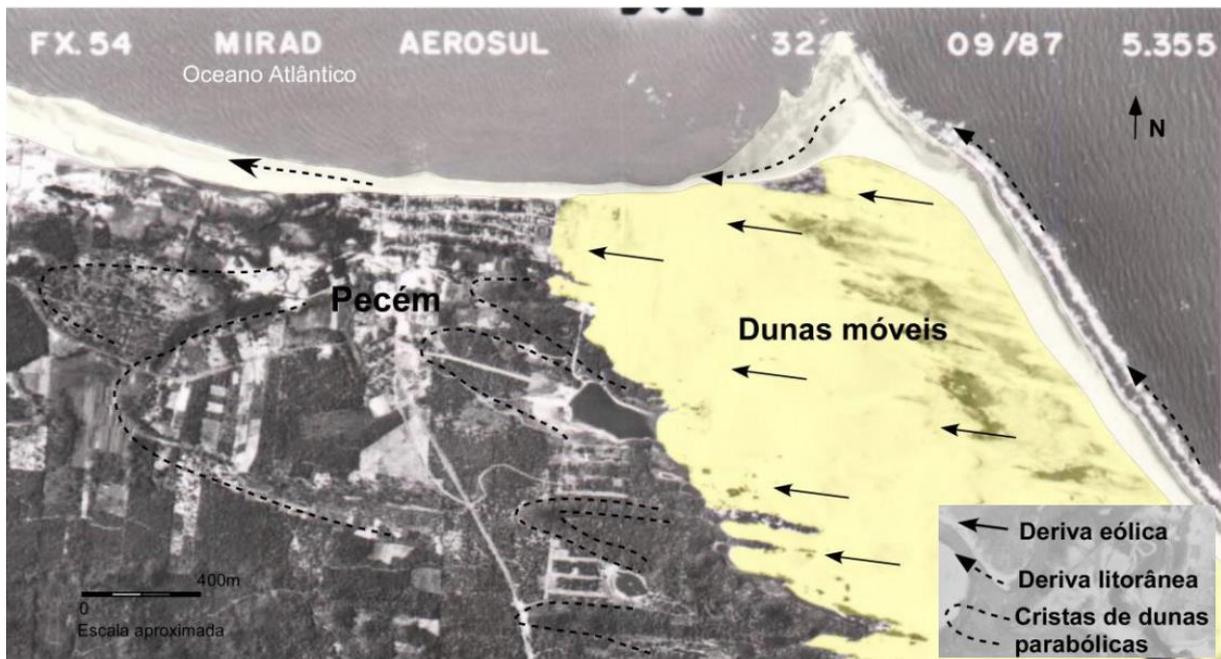
De acordo com os autores mencionados, foi a partir de uma integração de um conjunto de fluxos, que se deu a origem das unidades morfológicas da planície costeira. Assim, elencaram os seguintes fluxos de energia como responsáveis pela gênese desse espaço: processo gravitacional, deriva litorânea, transporte eólico, sistema estuarino, fluxo flúvio-lagunar e as águas subterrâneas. Especificamente para a área de estudo, estes conjuntos de fluxos integraram-se na composição de processos que favoreceram a origem dos campos de dunas, a partir da disponibilidade de sedimentos sobre a praia e a plataforma continental interna.

Neste contexto, há que se considerar que a planície costeira do Pecém apresenta um arranjo geomorfológico distinto, por conta da presença de um promontório cristalino, responsável por configurar uma importante zona de transpasse de sedimentos (*bypass*) para a faixa de praia. Assim, a presença desta feição, relacionada com a integração dos fluxos de energia (eólico, gravitacional e correntes marinhas), atuou de forma significativa na origem dos campos de dunas e pela contínua transformação morfológica da planície costeira (MEIRELES; SILVA; THIERS, 2006; MAGINI; MARTINS; PITOMBEIRA, 2013; PINHEIRO, 2015).

Dos elementos atuantes da faixa na faixa litorânea, destaca-se os ventos, os quais para o Estado do Ceará, caracterizam-se por alísios de sudeste, sendo responsáveis, em conjunto com a configuração da linha de costa de sentido SE-NW, pelo caminamento das areias pelo litoral de leste para oeste (MORAIS, CARVALHO; MAIA, 1994).

O cenário apresentado, pode ser assimilado a seguir (Figura 10), onde representa-se o promontório do Pecém em 1987, como uma realidade representativa da dinâmica evolutiva dos campos de dunas em promontórios. Ressalta-se que naquele período, os campos de dunas atingiam a faixa de praia e assim, disponibilizavam sedimentos para a deriva litorânea.

Figura 10 - Dinâmica eólica dos campos de dunas do litoral do Pecém.



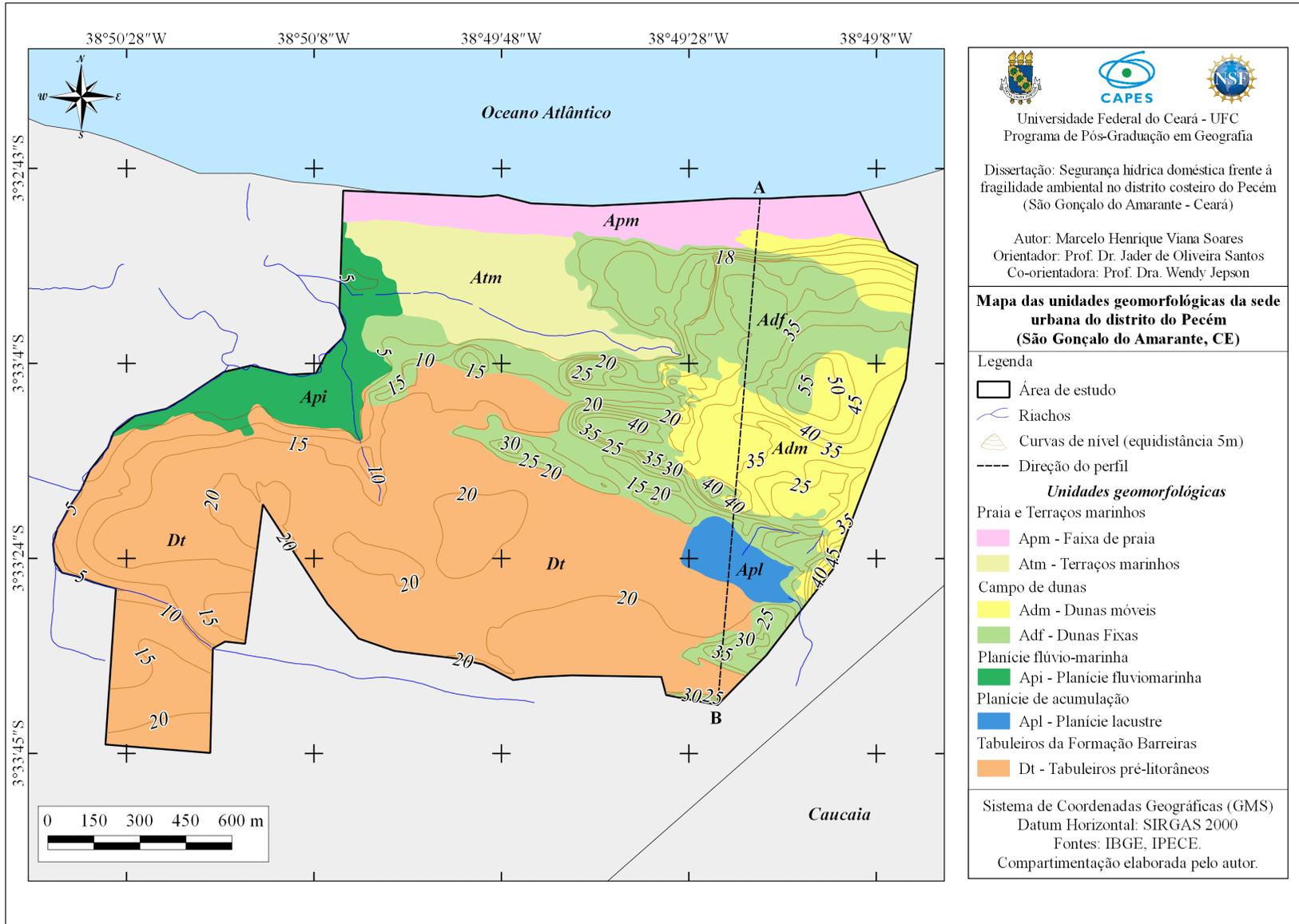
Fonte: Meireles, Silva e Thiers (2006) e Meireles (2016).

Por meio do percurso teórico-metodológico, pode-se constatar a presença das formas recentes integrantes do domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos, em que para a

área em questão, estão representados pela planície litorânea com suas variadas feições morfológicas de sedimentos arenoquartzosos e aluviais holocênicos, configurando praias, terraços marinhos, dunas móveis e fixas, planície fluviomarinha e planície lacustre. Consta ainda, feições associadas a glaciais de deposição pré-litorâneos constituída por sedimentos plio-pleistocênicos da Formação Barreiras, responsáveis pela modelação de tabuleiros pré-litorâneos (SOUZA, 2000).

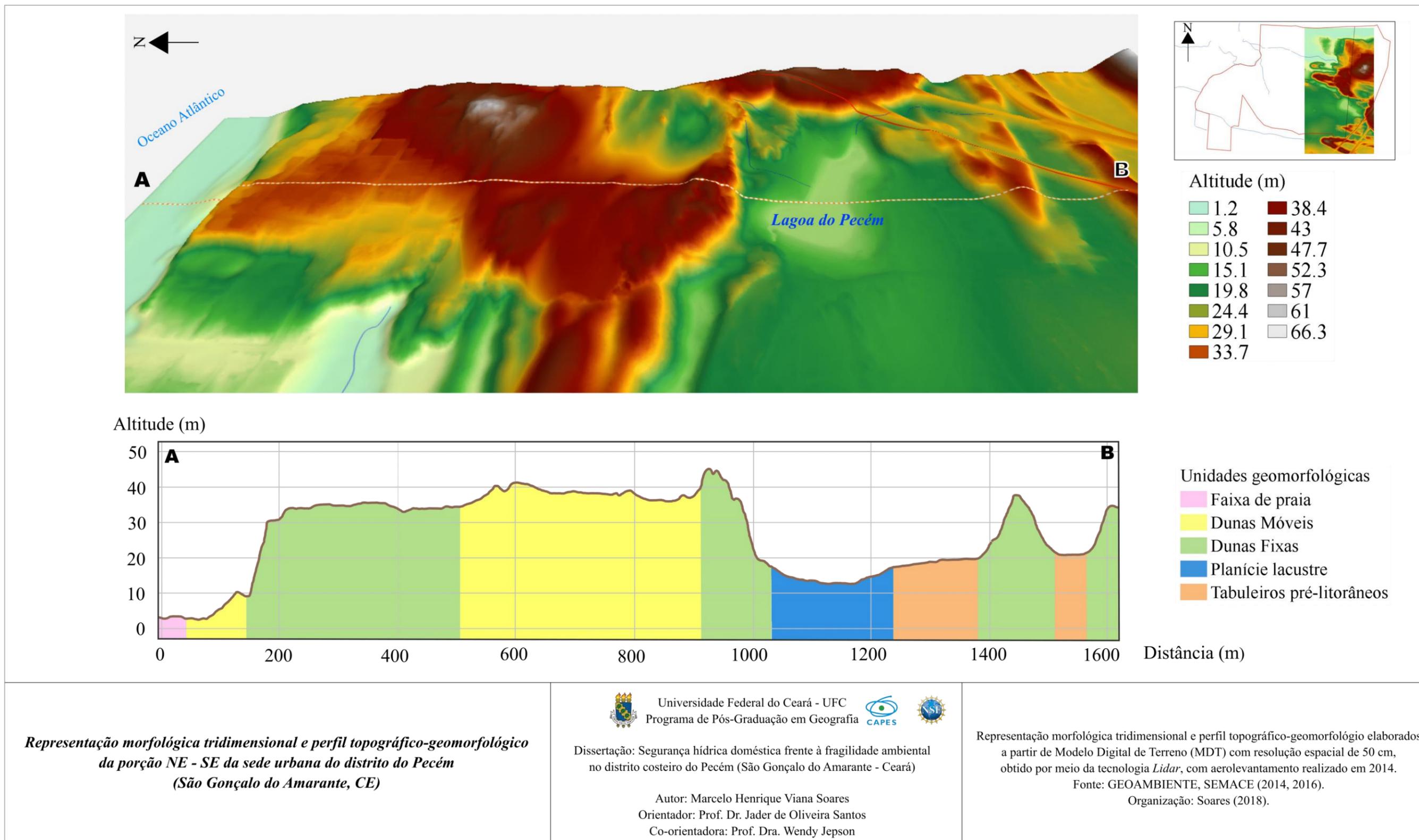
A partir da manipulação e análise dos dados espaciais no SIG, juntamente com o referencial teórico e com apoio nos trabalhos de campo, foi possível a elaboração do mapa geomorfológico do núcleo urbano do Pecém (Figura 11), bem como da representação tridimensional e do perfil topográfico-geomorfológico, sendo estes dois últimos, representativos das porções NE – SE da área de estudo (Figura 12).

Figura 11 - Compartimentação geomorfológica do sítio urbano do Pecém.



Fonte: Soares (2018).

Figura 12 - Representação morfológica tridimensional e perfil topográfico-geomorfológico da porção NE – SE da área de estudo.



Fonte: Soares (2018).

A faixa de praia diante do núcleo urbano do Pecém se dispõe de forma contínua e paralela a costa (sentido E - W), abrangendo aproximadamente 1,7 Km de extensão, dentro do recorte definido, abarcando toda a porção setentrional. Trata-se de uma forma de relevo de natureza deposicional, constituída de sedimentos holocênicos, inconsolidados, representados por areias quartzosas de granulometria variando de muito fina a média, dependendo das feições (antepraia, estirâncio e berma), dispostas em uma superfície plana e de baixa altimetria (SOUZA, 2009; MAGALHÃES; MAIA, 2003; OLIVEIRA FILHO et al., 2008).

Referido compartimento, sofreu diversas alterações ao longo das últimas duas décadas em consequência da implantação da infraestrutura portuária a leste (no promontório), provocando uma diminuição da energia dos fluxos costeiros (ondas, correntes e marés), e com isto, propiciando um maior aporte sedimentar. Estas condições, acarretaram em um processo de progradação (engorda) da faixa de praia, tornando-a mais larga e assim, mais protegida contra a erosão marinha (MAGINI; MARTINS; PITOMBEIRA, 2013). Além do fator antrópico, destaca-se que a atuação de processos naturais também corrobora para mudanças na morfogênese praial, como os ventos, correntes marítimas e as variações de marés e ondas.

Concernente aos terraços marinhos, destaca-se que foi sobre esta unidade onde foi instalada a vila de pescadores do Pecém, assumindo assim, relevante papel na formação territorial do distrito. Estes terraços, compostos por sedimentos arenoquartzosos holocênicos, estão presentes nas porção norte da área de estudo, situados entre a faixa de praia e as dunas fixas, constituindo uma área de transição de topo plano e com declive inferior a 3%, não estando sob influência da ação das marés (MEIRELES et al., 2005; MEIRELES; SILVA; THIERS, 2006).

Os terraços, representam a manifestação local das oscilações do nível do mar durante o quarternário, formados em uma fase regressiva, com forte retrabalhamento por processos marinhos (MEIRELES, 2016), o que lhe garante altimetria reduzida (abaixo de 5 m).

Em relação aos campos de dunas (fixas e móveis), estes compartimentos caracterizam-se por terem sido originados a partir da ação eólica na mobilização e deposição de sedimentos arenoso-quartzosos de granulação fina a média associado a eventos eustáticos de alta frequência ocorridos no Quaternário (MEIRELES; SILVA; THIERS, 2006).

Na área de estudo, há a ocorrência das seguintes gerações de dunas (PINHEIRO, 2015) (Figura 13):

- Terceira geração (Figura 13A): corresponde aquelas que se apresentam sob a forma de dunas parabólicas, com suas feições mais conservadas, tanto em relação a morfologia original, como em relação a sua cobertura vegetal, o que condiciona uma mobilidade reduzida ou nula. Apresentam em alguns pontos, declives superiores a 20 % e cotas variando entre 5 m (no contato com os terraços marinhos e planície fluviomarinha) a 40 m de altitude.
- Quinta geração (Figura 13B): referente as dunas móveis, as quais são de formação mais recente, associadas as dinâmicas litorâneas e costeira atual. Estão concentradas na porção nordeste da área de investigação, possuindo altitudes em alguns setores em torno de 50 a 55 m e desprovidas de cobertura vegetal ou apenas uma vegetação herbácea, o que condiciona uma migração constante dos seus sedimentos, alterações em sua morfologia e ausência de processos pedogenéticos.

Figura 13 - Gerações de dunas no setor urbano do Pecém e entorno.



Fonte: Soares (2018).

Já no limite noroeste da área de estudo, há a planície flúviomarinha do rio Guaribas. Esta unidade, formada a partir de sedimentos flúviomarinhos argilo-arenosos, ricos em matéria orgânica em decomposição, possui dinâmica peculiar em sua gênese, relacionado a processos continentais (fluviais) e oceânicos (marés). Estas condições proporcionam o desenvolvimento

de uma vegetação adaptada, denominada mangue. Referente a sua superfície, apresenta um relevo predominantemente plano, com altimetria inferior a 5m, condicionada aos processos de acumulação e sujeita a inundações periódicas.

Em menor expressão espacial, a planície lacustre está localizada na porção sudeste do território em análise. Esta feição geomorfológica foi desenvolvida as margens de uma lagoa freática submetida aos processos de acumulação. Apresenta baixa declividade e é constituída por materiais arenosos.

Abrangendo a maior parte da área de estudo, os tabuleiros pré-litorâneos caracterizam-se por possuírem superfície predominantemente plana, com declives inferiores a 4 % e constituída por sedimentos da Formação Barreiras, o que o torna um típico glaciais de deposição (SOUZA, 2009). Na área de estudo, este compartimento encontra-se a retaguarda dos campos de dunas fixas e da planície fluvio-marinha. Destaca-se ainda, que são nos tabuleiros, onde se encontra a maior concentração populacional da área de estudo (Figura 14), bem como é onde há um maior processo de expansão urbana (Figura 15).

Figura 14 - Tabuleiros pré-litorâneos em área fortemente antropizada no bairro Planalto Pecém.



Fonte: Ceará (2011).

Figura 15 - Tabuleiros em área de expansão urbana, no loteamento Porto Pecém.



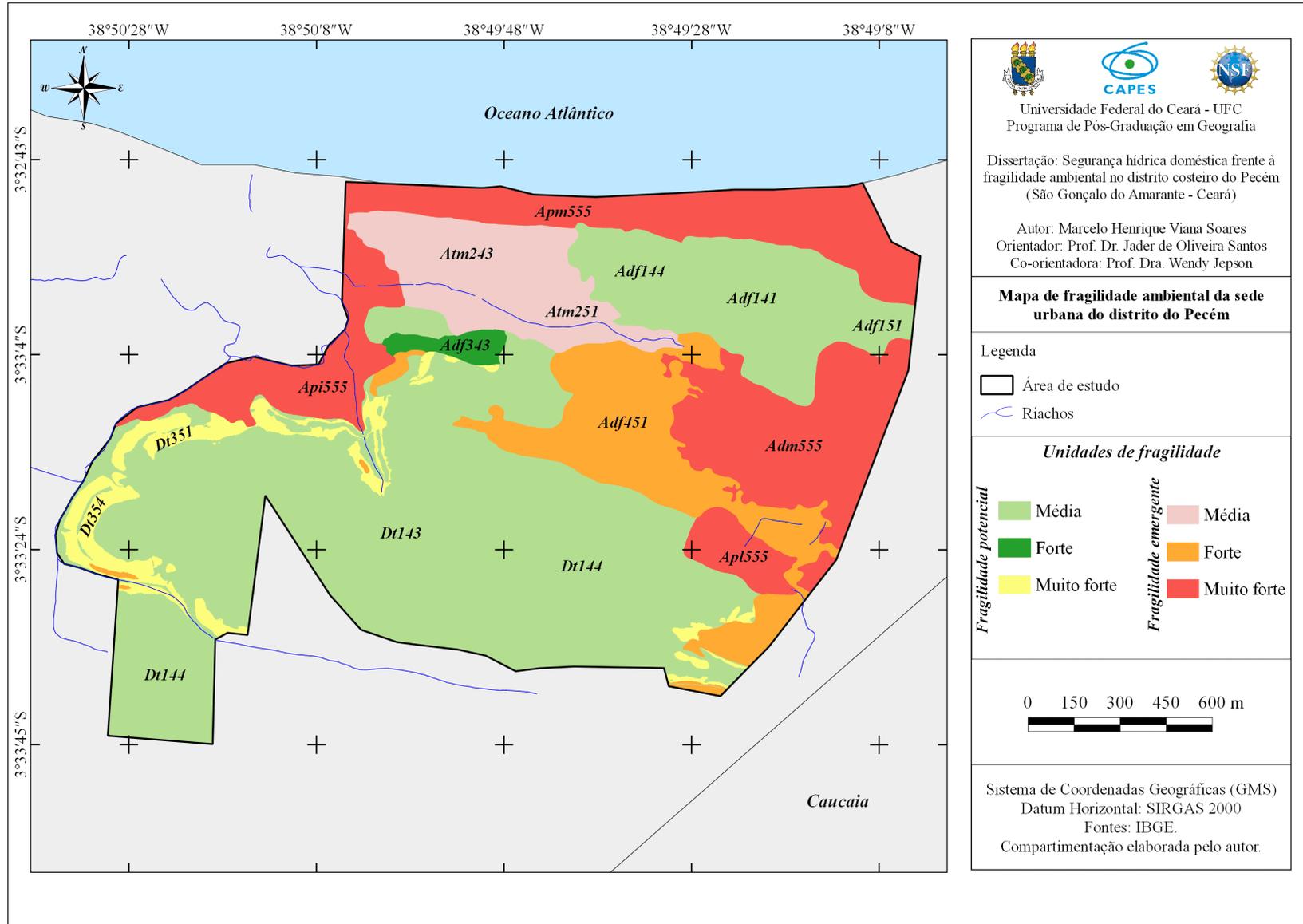
Fonte: Soares (2017).

5.2 Unidades de fragilidade ambiental

A condução do modelo teórico-metodológico referente a análise da fragilidade em espaços urbanizados, em conjunto com os procedimentos operacionais selecionados, permitiu definir 14 categorias de fragilidade ambiental, compartimentadas em duas classes principais, potencial e emergente (Figura 16). Dentro de cada unidade, foram hierarquizadas graduações correspondentes aos seus níveis de intensidade.

Logo, dentro da unidade de fragilidade potencial, foram identificados três estágios, a saber: média, forte e muito forte. Já em relação a unidade de fragilidade emergente, também foram estabelecidos três níveis, referentes aos graus média, forte e muito forte.

Figura 16 - Unidades de fragilidade ambiental do sítio urbano do Pecém.



Fonte: Soares (2018).

Constatou-se que, a unidade de fragilidade potencial é a de maior extensão territorial, a qual se desdobra em sete categorias, assumindo uma área total de 1,88 Km², que em termos percentuais representa 56,9%. Dentre estas unidades, a classe de maior representatividade é referente a classe média, responsável por 51,8% da área total do território, totalizando uma área de 1,71 Km². Por sua vez, as outras categorias de fragilidade potencial, forte e muito forte, abrangem apenas 5,1 % da área de estudo.

Concernente a unidade de fragilidade emergente, esta se manifesta em um espaço de 1,42 Km², sendo subdividido em três classes: média, com 0,26 Km² (7,88%), forte, que recobre 11,2 % da área investigada, totalizando 0,37 Km² e por último, a classe muito forte, a qual é a segunda em termos de abrangência espacial (0,79 Km²) e de percentual (23,9%).

A seguir (Tabela 6), é exposto as informações quantitativas referentes as dimensões espaciais das unidades identificadas, bem como a apresentação das categorias delimitadas, com seus respectivos compartimentos de relevo, indicadores de hierarquização das classes e os códigos de identificação (Quadro 4).

Tabela 6 - Distribuição das unidades de fragilidade ambiental no núcleo urbano do Pecém.

Unidades de fragilidade		Total de unidades	Distribuição	
			Área (Km ²)	Percentual
Fragilidade Potencial	Média	4	1,71	51,8
	Forte	1	0,03	0,9
	Muito Forte	2	0,14	4,2
Fragilidade Emergente	Média	2	0,26	7,88
	Forte	1	0,37	11,2
	Muito Forte	4	0,79	23,9
Total		14	3,30	100

Fonte: Soares (2018).

Quadro 4 - Síntese das unidades de fragilidade ambiental.

Categorias de fragilidade ambiental		Unidade geomorfológica	Indicadores de fragilidade*	Códigos de fragilidade
Fragilidade Potencial	Média	Dunas Fixas, Tabuleiros pré-litorâneos	141, 144, 143, 155	Adf141, Adf144, Adf155, Dt143, Dt144
	Forte	Dunas Fixas	343	Adf343
	Muito Forte	Tabuleiros pré-litorâneos	351, 354	Dt351, Dt354
Fragilidade Emergente	Média	Terraços marinhos	243, 251	Atm243, Atm251
	Forte	Dunas Fixas	441, 451	Adf441, Adf451
	Muito Forte	Planície Lacustre	555	Apl555
		Faixa de Praia	555	Apm555
		Dunas Móveis	555	Adm555
Planície fluviomarinha		555	Api555	

*A definição dos indicadores corresponde a seguinte ordem: relevo, solos e cobertura.

Fonte: Soares (2018).

Um aspecto a ser destacado é que a unidade de maior dimensão espacial (fragilidade potencial), está relacionada a apenas dois compartimentos, a saber, os tabuleiros pré-litorâneos e as dunas fixas. No entanto, estas feições geomorfológicas apresentam certa heterogeneidade, tendo em vista as diferenciações que as mesmas possuem em termos morfológicos e morfométricos, os materiais constituintes e os processos atuantes. Do mesmo modo, ao se considerar as condições pedológicas e de cobertura frente as intervenções humanas, foi possível realizar a setorização destas formas de relevo, juntamente com a hierarquização dos níveis de fragilidade.

Partindo destes quesitos, a classe de fragilidade potencial média foi identificada localizada predominantemente em tabuleiros pré-litorâneos, tanto em setores intensamente urbanizados, como no caso do Centro do Pecém, onde os solos encontram-se sotopostos aos constructos humanos e com deficiências nas condições de estrutura para minimizar a atuação de eventos pluviométricos de baixa/média intensidade (Figura 17A), bem como, em áreas semiurbanizadas onde o solo encontra-se desnudo, exposto aos agentes morfodinâmicos, situação verificada na porção sul da Vila Gorete (Figura 17B).

Figura 17 - Unidades de fragilidade potencial de categoria média, situadas em tabuleiros pré-litorâneos, em setores predominantemente impermeáveis (A) e em locais semiurbanizados (B).

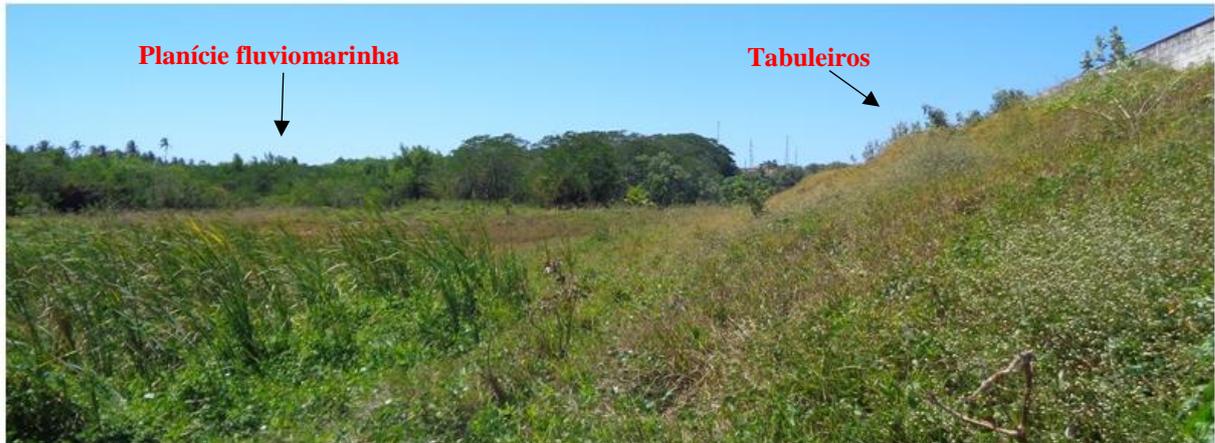


Fonte: Soares (2018).

Por sua vez, as unidades de fragilidade potencial de nível médio associadas as dunas fixas, estão localizadas na porção nordeste da área investigada, sendo assim classificadas, principalmente em virtude de uma superfície mais estabilizada, sendo recoberta por neossolos quartzarênicos, em setores com uma maior preservação da cobertura vegetal ou áreas de média urbanização, onde as infraestruturas não possuem eficiência para atenuar os eventos pluviométricos de baixa/média intensidade.

Já as unidades de fragilidade potencial de níveis forte e muito forte, foram compartimentadas sobretudo em razão de estarem situados em locais de declive mais acentuado (8% a 20%), representado principalmente pelo contato dos tabuleiros com a planície fluvio-marinha (Figura 18). Em tais espaços, há tanto parcelas com predomínio de condições naturais, como também, locais com precariedade nas infraestruturas para contenção dos efeitos causados pelas águas pluviais.

Figura 18 - Unidades de fragilidade potencial de estágios muito forte localizadas em áreas de transição de tabuleiros e planície fluvio-marinha.



Fonte: Soares (2018).

Referente as unidades de fragilidade emergente, apesar de possuírem menor dimensão territorial, são as que possuem uma maior diversidade de compartimentos geomorfológicos, totalizando oito categorias. A exceção da classe de fragilidade emergente forte, correspondente as dunas fixas, todas as demais categorias estão associadas as áreas de acumulação submetidas aos processos fluvio-marinhos (planície fluvio-marinha), lacustres (planície lacustre) e eólicos e marinhos (terraços, faixa de praia e dunas móveis).

Os terraços marinhos, classificados como de fragilidade emergente média, foram assim delimitados por serem caracterizados por ambientes com tendência a instabilidade, dada sua composição litológica de areais quartzosas e que para a área de estudo, tornam-se mais críticos tendo em vista que encontram-se predominantemente impermeabilizados pela urbanização, condição que aliada a precariedade de infraestruturas, pode colaborar para incidência de alagamentos (Figura 19A). No entanto, há um setor mais preservado, contanto com uma cobertura vegetal bem desenvolvida, capaz de atenuar a ação dos processos erosivos (Figura 19B).

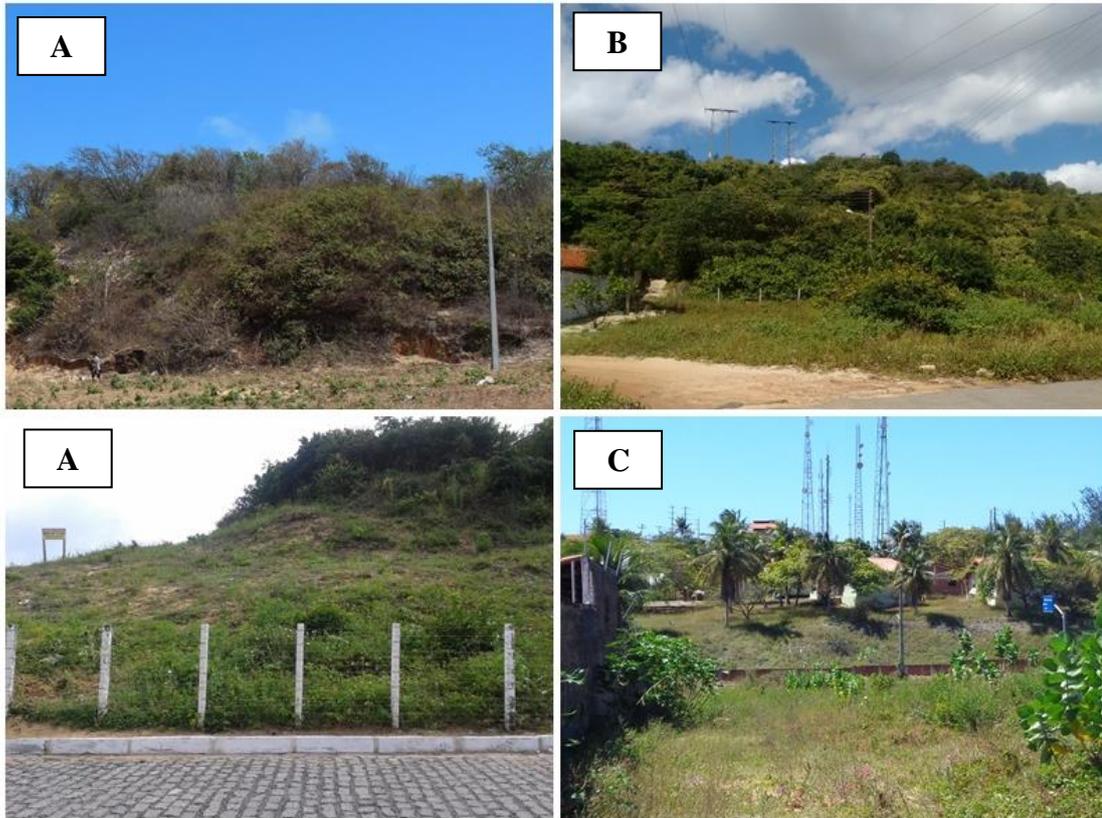
Figura 19 - Setor de terraço fortemente urbanizado suscetível a alagamentos (A) e terraços marinhos de fragilidade emergente média, com cobertura vegetal preservada (B).



Fonte: Soares (2017).

Por sua vez, o estabelecimento de parcelas de dunas fixas como unidade de fragilidade emergente forte, se deu em virtude da presença de declives superiores a 20% (Figura 20). Tais categorias estão situadas principalmente em cristas de dunas parabólicas localizadas na porção central da área de estudo (A), bem como em fragmentos nos limites sudeste (B) e na porção nordeste (C).

Figura 20 - Dunas fixas de fragilidade emergente forte.



Fonte: Soares (2018).

Em se tratando das unidades de fragilidade emergente de categoria muito forte, ressalta-se que estas estão todas associadas a superfícies de alta vulnerabilidade, em decorrência de suas suscetibilidades a inundações (planície lacustre e fluviomarinha), bem como da alta instabilidade provocada pelos processos morfodinâmicos desencadeados pela ação eólica em ambientes desprovidos de cobertura vegetal (faixa de praia e dunas móveis).

Diante deste contexto, estas unidades apresentaram em comum a ocorrência de indicadores desfavoráveis ao equilíbrio natural, ou seja, relevo frágil por conta da constituição litológica (areias) com alta mobilidade dos materiais, declives acentuados e solos com severas limitações (Neossolos Quartzarênciso e Gleissolos) e favoráveis a inundações e contínua alterações em seus padrões morfológicos tanto pela dinâmica natural, como pelas atividades socioeconômicas.

Neste cenário, a faixa de praia (Figura 21) e o campo de duas móveis (Figura 22) são as unidades de maior expressão espacial dentre os ambientes instáveis, abarcando toda a porção setentrional e parcela nordeste da área de estudo. Apresentam em comum, um relevo frágil por conta da forte atuação de agentes morfodinâmicos, notadamente a ação eólica, aliado

a uma cobertura constituída por areais quartzosas sem a presença de uma cobertura vegetal capaz de minimizar os impactos eólicos e pluviométricos.

Figura 21 - Faixa de praia e pós-praia localizada adiante do núcleo urbano do Pecém classificada como fragilidade emergente muito forte.



Fonte: Soares (2018).

Figura 22 - Duna móvel associada a unidade de fragilidade emergente muito forte.



Fonte: Soares (2018).

Também associadas a um ambiente de fragilidade emergente em seu nível mais intenso (categoria muito forte), as planícies lacustre (Figura 23) e fluviomarinha (Figura 24), possuem em comum serem subordinadas aos processos de agradação, sendo a primeira proveniente dos processos lacustres e a segunda referente aos fluxos fluviomarinhos; além de que ambos os compartimentos estão sujeitas as inundações por conta da baixa declividade (inferior a 4%). Importante ressaltar que embora a planície lacustre seja de reduzida extensão

territorial, a mesma assume papel importante no contexto social, tendo em vista estar associada ao manancial utilizada para o abastecimento público do Pecém.

Figura 23- Planície lacustre classificada como de fragilidade emergente muito forte.



Fonte: Soares (2018).

Figura 24 - Planície fluviomarinha, unidade de fragilidade emergente muito forte.



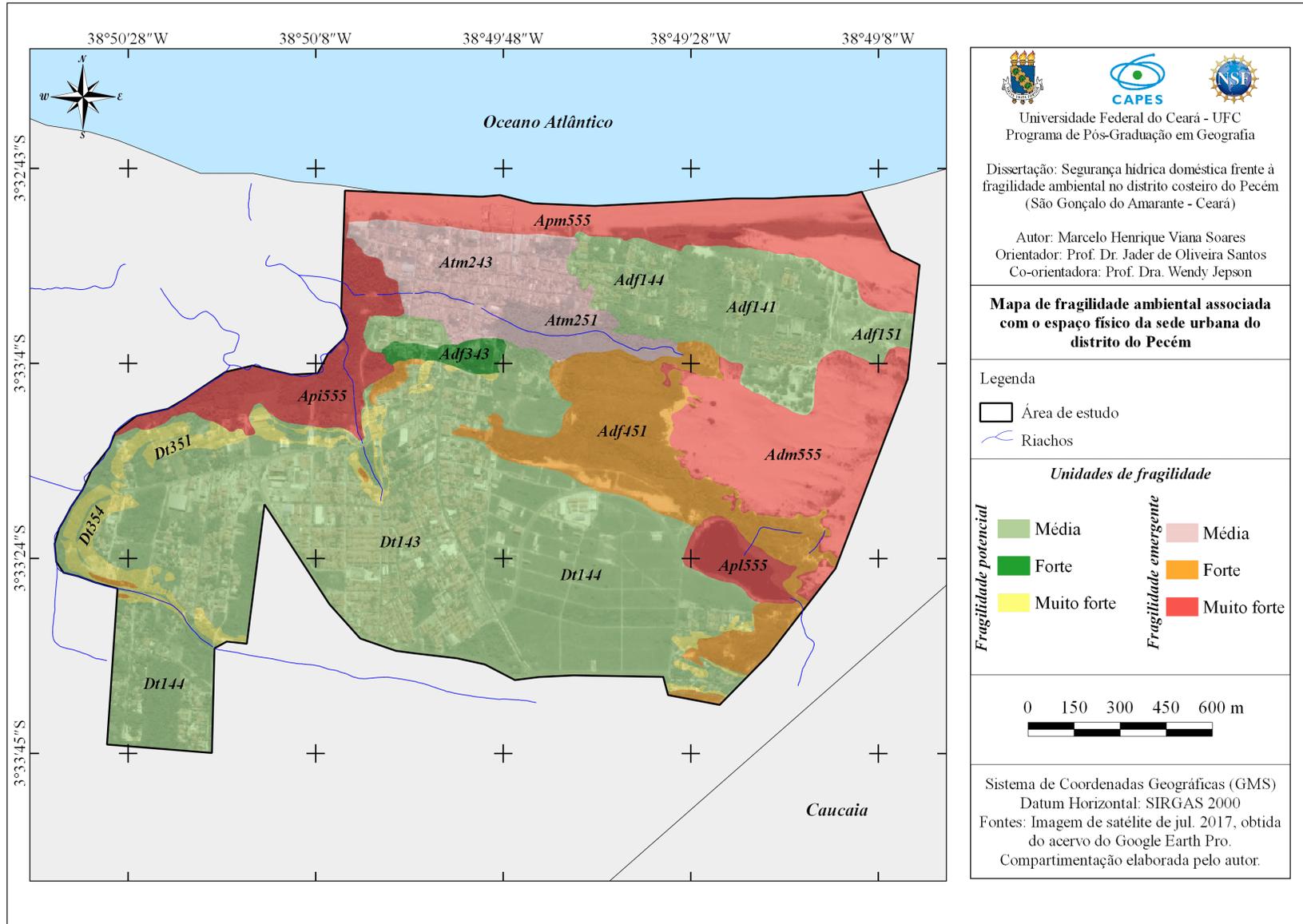
Fonte: Soares (2018).

Referente a ocupação das unidades de fragilidade (Figura 25), o núcleo urbano do Pecém ainda mantém certo ordenamento quanto ao uso do espaço, tendo em vista que a maior parte da mancha urbana está situada predominantemente em setores de média fragilidade potencial, associado a superfície de tabuleiros pré-litorâneos.

Já na cobertura dos ambientes de fragilidade emergente, há o predomínio de superfícies arenosas desprovidas de vegetação (planície lacustre, faixa de praia e dunas móveis), onde se observa reduzida presença de constructos humanos.

Por outro lado, há porções que ainda resguardam características da cobertura vegetal original, neste caso, em setores de dunas fixas e na planície fluviomarinha, condição alcançada principalmente pela baixa taxa de ocupação.

Figura 25 - Sobreposição das unidades de fragilidade ambiental com o espaço físico da área de estudo.

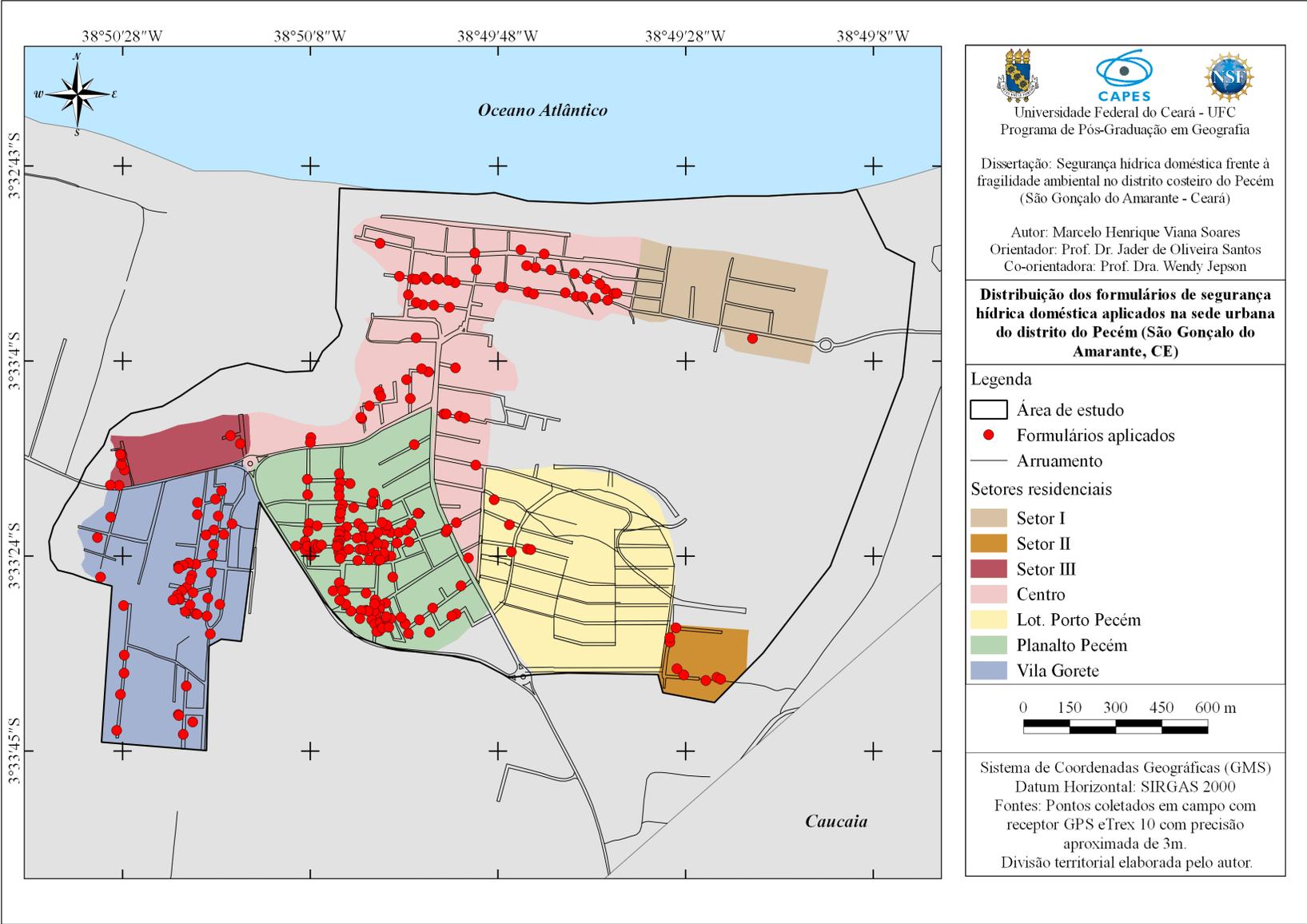


Fonte: Soares (2018).

6. SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA NA SEDE URBANA DO DISTRITO DO PECÉM

Como descrito nos aspectos metodológicos e operacionais, para compreender as questões em torno da segurança hídrica domiciliar do núcleo urbano do Pecém, foram aplicados 255 formulários em todos os setores residenciais situados no recorte espacial da pesquisa (Figura 26).

Figura 26 - Distribuição dos formulários de segurança hídrica doméstica aplicados nos setores residenciais da área de estudo.



Fonte: Soares (2018).

Em termos quantitativos, os formulários nos setores residenciais foram distribuídos da seguinte forma (Tabela 7).

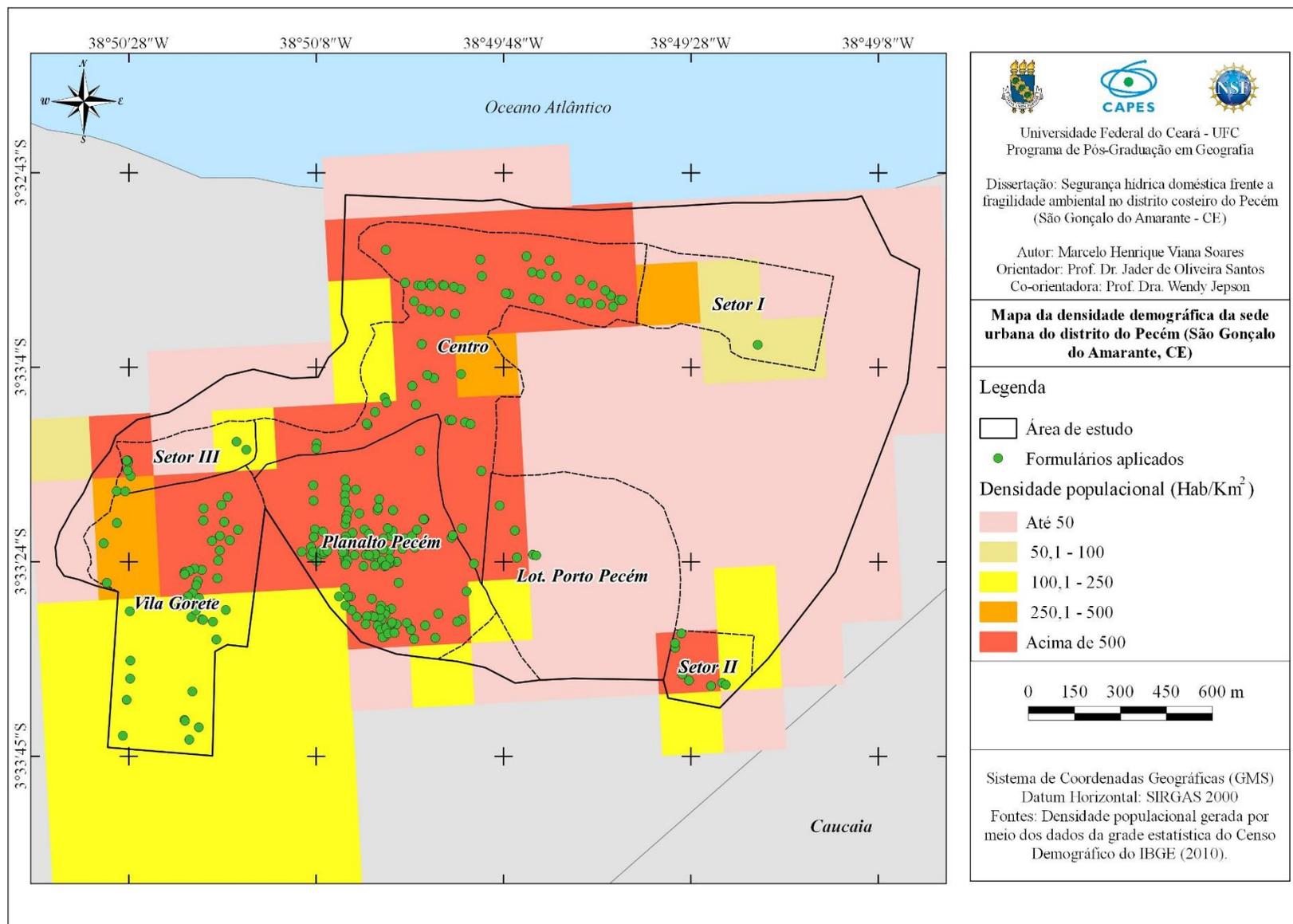
Tabela 7 - Distribuição dos formulários de segurança hídrica nos setores delimitados.

Setores residenciais	Área (ha)	População (IBGE, 2016)	Formulários aplicados	Percentual
Setor I	16,77	23	1	0,39 %
Setor II	5,87	39	8	3,14 %
Setor III	7,1	54	11	4,31 %
Centro	48,87	1.596	57	22,35 %
Loteamento Porto Pecém	37,23	81	5	1,96 %
Planalto Pecém	36,22	2.539	124	48,63 %
Vila Gorete	37,93	495	49	19,22 %
Total	189,89	4.827	255	100 %

Fonte: IBGE (2016) e Soares (2018).

De acordo com o exposto, houve uma desproporção intersetorial em relação ao número de formulários aplicados, onde dos sete setores, três representaram 90,2 % do total de formulários, sendo estes referentes ao Centro, Planalto Pecém e Vila Gorete. Esta situação, foi decorrente por ser nestes espaços, onde residem a maior parte da população, em que, juntamente com suas reduzidas extensões territoriais, os tornam de elevada densidade demográfica, o que favoreceu que em tais áreas, fosse possível abordar mais residentes (Figura 27).

Figura 27 - Densidade populacional no núcleo urbano do Pecém.



Fonte: IBGE (2010, 2016), Soares (2018).

Como já citado, os setores em que se realizou a maior aplicação de formulários foram aqueles com maior índice de densidade populacional, com destaque para o Planalto Pecém (Figura 28), o qual também é denominado pela população de Mutirão, já que sua construção e ocupação se deu a partir de regime de mutirão, onde as próprias famílias, que foram reassentadas neste local por viverem em áreas de risco, participaram da edificação de suas residências (ALBUQUERQUE, 2005).

Figura 28 - Vista aérea do Planalto Pecém.



Fonte: Ceará (2011).

Em segundo no número de formulários aplicados, o Centro possui a maior área territorial dentre os espaços delineados, com 48,87 ha. Foi no referido setor onde se deu o processo de ocupação do Pecém (Figura 29), composto originalmente por uma vila de pescadores, mas que na atualidade, comporta tanto residências como estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços.

Figura 29 - Rua São Luiz de Gonzaga no Centro do Pecém, na década de 1960.



Fonte: Rodrigues e Sousa Filho (2007).

No setor denominado Vila Gorete, predominam os domicílios de famílias residentes (fixas), bem como de casas de veraneio (segundas residências), sendo estas últimas, estruturadas sobre a forma de sítios.

A área delimitada como Setor I, abriga condomínios e residências de veraneio, além de unidades administrativas de empresas ligadas ao Porto do Pecém. Por conta desta configuração, foi possível a aplicação de apenas um formulário neste espaço.

Já no setor II, encontra-se tanto residências de moradores fixos como casas de veraneio. No entanto, por causa da expansão das obras do CIPP, tal espaço encontra-se em processo de desapropriação dos moradores, sendo constatado que algumas famílias já deixaram o local e parte de uma das ruas foi interditada para novas ocupações (Figura 30).

Figura 30 - Processo de desapropriações no setor I.



Fonte: Soares (2017).

Referente ao setor III, este espaço agrega principalmente famílias em pequenas residências, e em menor expressão, alguns sítios de médio porte.

Por último, o loteamento Porto Pecém, apesar de abranger uma extensa área de 37,23 ha, possui um contingente populacional inferior a 100 habitantes, configurando uma área de baixa densidade demográfica. Referido espaço, por ser o mais recente entre os setores definidos, ainda encontra-se em processo de ocupação, tanto pelo segmento residencial, como institucional (Figura 31).

Figura 31 - Vista aérea do loteamento Porto Pecém, evidenciando a baixa ocupação residencial e a presença de algumas infraestruturas.



Fonte: Imagem disponível em: <<http://www.fortcasa.com.br/wp-content/uploads/2018/05/Porto-do-Pecem-7.jpg>>. Acesso em: 01 de jun. 2018.

6.1 Meios de abastecimento utilizados nos agregados familiares

Além da presença da CAGECE, como entidade responsável pelo abastecimento público no Pecém, há outros agentes que atuam no abastecimento humano, como os vendedores de água engarrafada e os perfuradores de poços.

Referente a rede geral de água, essa fonte está presente em 159 dos domicílios consultados, o que representa 62% do total de residências. Conforme relatado anteriormente, a operação deste provedor é realizado pela CAGECE por meio da captação e tratamento da água da lagoa do Pecém, a qual por ter apresentado níveis críticos de armazenamento nos últimos anos, foi cercada para ser utilizada apenas para a captação para a provisão humana.

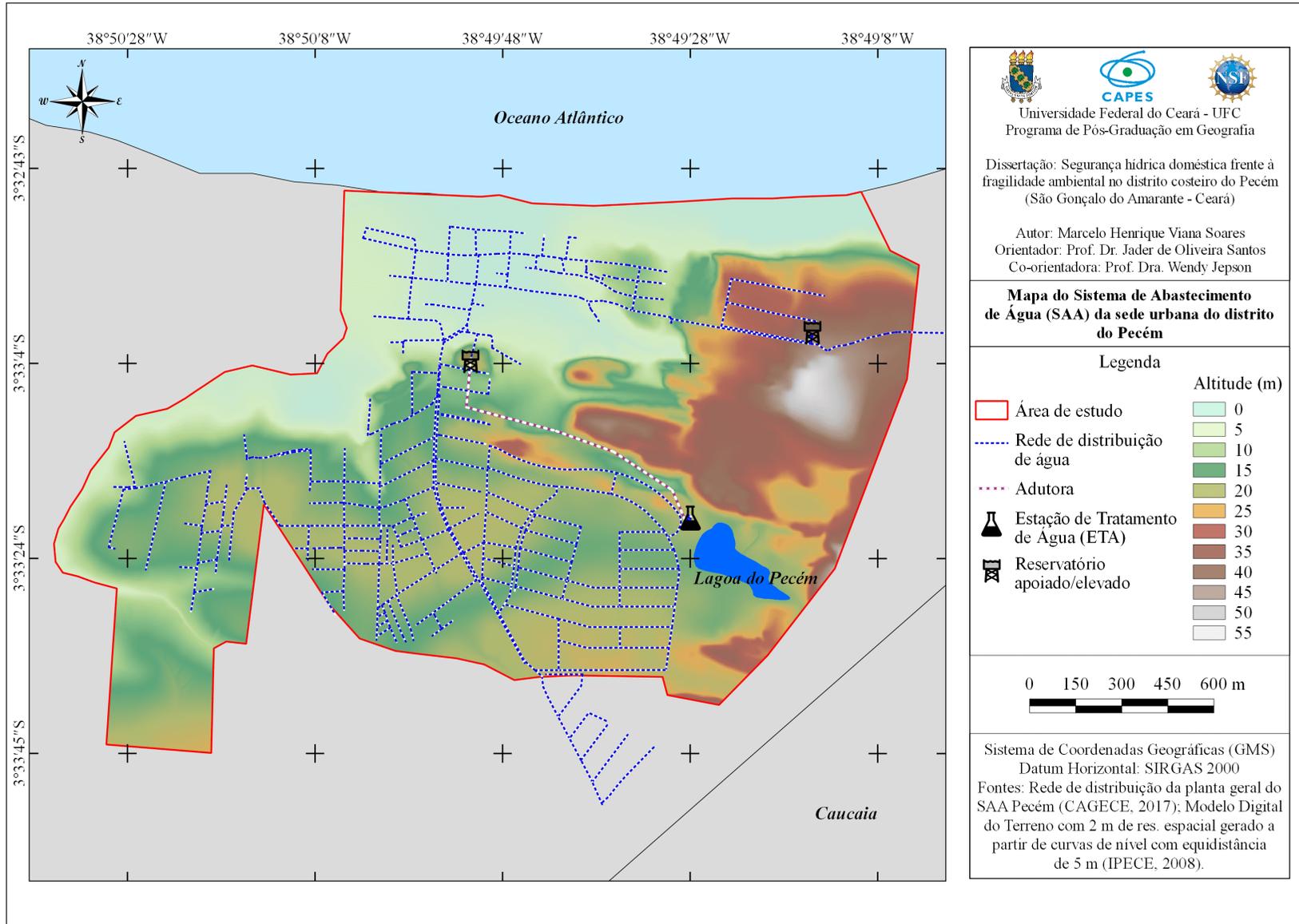
A seguir, é exposto algumas infraestruturas que fazem parte deste sistema de (Figura 32) e o mapa da rede de distribuição do SAA Pecém (Figura 33).

Figura 32 - Manancial utilizado para a provisão (A), medidores de consumo residencial (B) e aviso na lagoa informando se tratar de uma área restrita ao abastecimento público (C).



Fonte: Soares (2017).

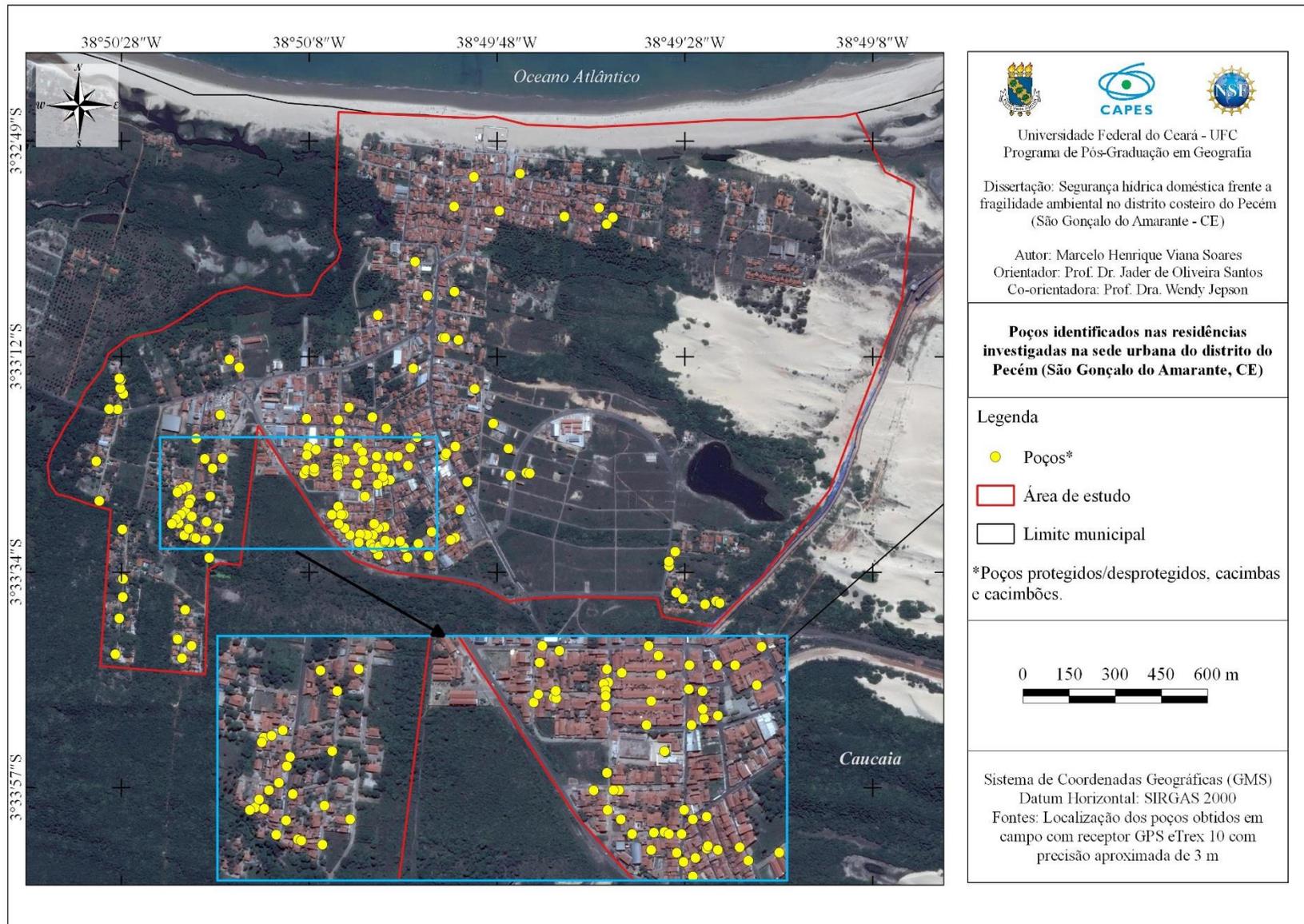
Figura 33 - Mapa da rede de distribuição do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do núcleo urbano do Pecém.



Fonte: CAGECE (2017).

Já os poços, que podem ser públicos ou particulares, representam outra fonte de significativa importância para o acesso a água no ambiente domiciliar do Pecém, tendo em vista que são utilizados por 167 das famílias consultadas, o que representa 65% do total da amostra (Figura 34). Tais fontes, se apresentam sobre os tipos tubulares ou amazonas (cacimbões/cacimbas), com profundidades variadas, desde rasos, com poucos metros, ou profundos, quando possuem algumas dezenas de metros de profundidade. Estas infraestruturas captam as águas do aquífero dunas/paleodunas, que por sua vez, tem como principal fonte de recarga, as águas pluviais (COGERH, 2016).

Figura 34 - Distribuição dos poços presentes nas residências consultadas.



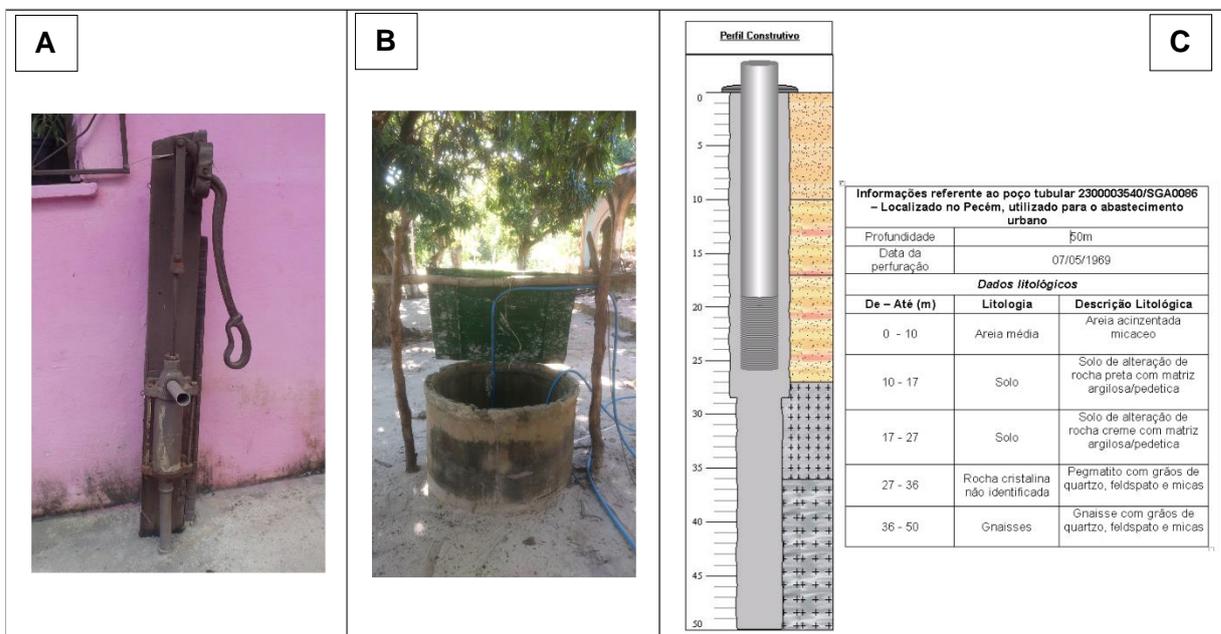
Fonte: Soares (2018).

O aproveitamento dos poços para o consumo residencial se dá principalmente pelo baixo nível do lençol freático (nível estático raso, com média de 5,9 m), condição que facilita a exploração, haja vista que a perfuração de poços rasos gera menores custos financeiros do que quando comparado aos de profundidades mais acentuadas. Outro fator que favorece a utilização dos recursos hídricos subterrâneos, se dá pela condição das águas serem levemente ácidas (água doce) e por possuírem predomínio de condutividade elétrica inferior a 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens por centímetro), que é uma das condições que as torna próprias ao consumo humano (COGERH, 2016; MOURA et al., 2013; MOURA; SABADIA; CAVALCANTE, 2016; NOGUEIRA et al., 2005).

Para a obtenção de água por meio dos poços, a população emprega motores elétricos acoplados a estes, como forma de aumentar o volume extraído; ou então, bombas, que são estruturas metálicas que são manuseadas pelos residentes para acessar as águas subterrâneas.

A seguir é apresentado o modelo de um poço baseado na captação manual (bomba) (Figura 35A), uma cacimba com motor (Figura 35B) e a configuração de um poço tubular, representado pelo seu perfil construtivo (Figura 35C).

Figura 35 - Tipos de poços utilizados pelas famílias (A e B) e o arranjo construtivo de um poço profundo de natureza tubular (C).



Fonte: Soares (2017) e CPRM (2018).

Já as águas envasadas, são consumidas por 185 dos domicílios investigados, o que representa um percentual de 72% do total da amostra. Esta fonte, denominada popularmente de

garrafão, são obtidas em recipientes plásticos de 20 litros nos comércios locais, podendo ser do tipo adicionada de sais ou água mineral natural³ (Figura 36A). Outra característica deste meio de abastecimento é que possuem suas tampas lacradas e com a presença de um selo fiscal da Secretaria da Fazenda (SEFAZ) e da Secretaria da Saúde do Ceará (SESA) (Figura 36B).

Figura 36 - Garrafões de água de 20 litros comercializados por vendedores formais.



Fonte: Soares (2017) e Diário do Nordeste (2015).

Além das fontes citadas, há dois pequenos riachos, um localizado no centro (Figura 37A) e outro na Vila Gorete (Figura 37B), os quais são utilizados por uma parcela reduzida da população (2%) para a lavagem de roupas, principalmente no trecho próximo ao mercado público do Pecém, no centro.

³ **Água Mineral Natural:** É a água envasada e enriquecida de sais minerais pela própria natureza. É captada de fontes, localizadas em áreas ambientalmente protegidas que preservam a composição mineral e bacteriológica da água. Somente fontes legalmente autorizadas podem explorar essas águas.

Água Adicionada de Sais: É a água envasada que passa obrigatoriamente por processo de tratamento, tais como: cloração, ozonização, raios ultravioleta, osmose reversa, etc. Proveniente de rios, represas, lagos, poços amazonas ou água da rede pública, etc; não pode ser proveniente de fontes naturais procedentes de extratos aquíferos.

Fonte: ABINAM. Disponível em:

<<http://www.abinam.com.br/sites/arquivos/downloads/folhetoaguamineralxadicionadapaisagem.pdf>>. Acesso em: 02 de jun. 2018.

Figura 37 - Riachos presentes na área de estudo utilizados para a lavagem de vestuários.



Fonte: Soares (2017).

Diante da exposição das fontes acessadas para o abastecimento doméstico do núcleo urbano do Pecém, cabe ressaltar que na maior parte dos domicílios investigados (82%), estas formas de provisão são utilizadas conjuntamente, podendo assim considerar, que em tais residências, existem sistemas híbridos de provisão domiciliar. Este emprego integrado das fontes ocorre como estratégia para facilitar o acesso a uma água de quantidade e qualidade aceitável, segundo as necessidades dos usuários. Este cenário, é detalhado a seguir, em que se apresenta o quantitativo das principais fontes de provisão empregadas nos domicílios analisados (Tabela 8).

Tabela 8 – Meios de abastecimento presentes nos domicílios avaliados.

	Rede geral	Poços	Águas envasadas	Fontes integradas
Domicílios	159	167	185	210
Percentual	62%	65%	72%	82%

Fonte: Soares (2018).

A configuração destes cenários, de presença de mais de uma fonte em cada residência, se manifesta principalmente quando em virtude da ocorrência de problemas no abastecimento pela rede geral (que será discutido em seguida), às famílias são conduzidas a buscarem meios de acesso a água que consideram mais confiáveis, como os poços ou águas envasadas.

Conforme a conjuntura apresentada, a rede de abastecimento da sede urbana do Pecém apresenta certa heterogeneidade no sistema de provisão para o consumo residencial, tendo em vista ser concebida por diferentes instituições, atores, infraestruturas e usos da água.

Este contexto, condiz com a realidade de muitas cidades de países em desenvolvimento, as quais tem sido caracterizadas por muitas décadas, pela coexistência de diferentes modalidades de abastecimento, em que, geralmente há um provedor formal (instituição pública ou privada) e uma variedade de prestadores de serviços de pequena escala, de caráter privado ou comunitário (SCHWARTZ et al., 2015).

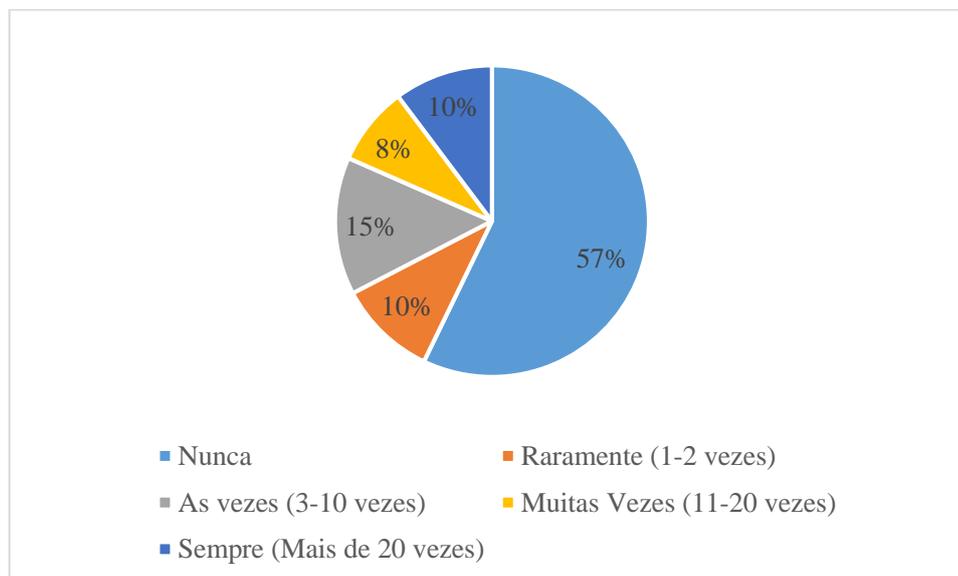
Em face de todos estes processos pelos quais passou e vem passando a sede urbana do Pecém em torno do abastecimento humano, pode-se afirmar que estas intervenções ocasionaram alterações em seu ciclo hidrosocial, afetando assim, as dinâmicas sociais. Como demonstrado, a principal variável envolvida nas alterações deste ciclo, corresponde as fontes de água empregadas pelas famílias, as quais ao longo do tempo, vão acrescentando novas tecnologias, e assim, reconfiguram e dinamizam os serviços associados a provisão para as necessidades domésticas.

6.2 Análise das condições qualitativas e quantitativas da rede geral de abastecimento

Considerando o recorte temporal de janeiro à julho de 2017, mais da metade (57%) dos indivíduos consultados com acesso a rede geral e que afirmavam ser esta a fonte principal em suas residências (84 usuários, do total de 147, deste valor já excluído os dados com falhas), relataram que no período definido, em nenhuma ocasião, a qualidade da água da CAGECE foi inaceitável para o consumo humano. Para a determinação de uma água em padrões intoleráveis, levou-se em conta as percepções dos respondentes.

Os valores registrados nas outras categorias podem ser observados a seguir (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Frequência em que a qualidade da água da rede geral foi considerada inaceitável para o consumo humano segundo os usuários da CAGECE.



Fonte: Soares (2018).

Apesar da situação demonstrada, com predomínio da oferta durante o recorte estabelecido, de uma água com qualidade aceitável ao consumo humano, a maior parte dos usuários utilizam a água oriunda da rede geral apenas para serviços domésticos e para o banho, sendo que apenas em casos isolados os indivíduos relataram beberem a água da CAGECE sem nenhum tratamento em suas residências. Ação não tomada pela maior parte da população, que recorrem a outras fontes para serem utilizadas para a ingestão, como poços e águas envasadas.

Um dos pontos que podem justificar a baixa confiança dos consumidores no consumo direto da água da rede, é o marcante sabor de cloro relatado pelos usuários. Isto se deve ao fato de que a CAGECE emprega o método da cloração para impedir a proliferação de bactérias na água, segundo a qual afirma que a quantidade de cloro utilizada no tratamento é a mesma recomendada pelo Ministério da Saúde e que inclui uma quantidade extra, que serve para matar algum vírus ou bactéria que se infiltre na rede e possa causar contaminação⁴.

Ao tecerem considerações sobre o sistema de abastecimento do Pecém, uma das questões mais destacadas pela população consultada foi referente a problemas na qualidade da

⁴ PODE tomar sem receio. **O Povo**, Fortaleza, 28 de fevereiro de 2016. Disponível em: <<https://www20.opovo.com.br/app/opovo/cienciaesaude/2016/02/27/noticiasjornalcienciaesaude,3579576/pode-tomar-sem-receio.shtml>>. Acesso em: 8 de abril de 2017.

⁴ ÁGUA e saúde – Direto do garrafão ou da torneira?. **O Estado**, Fortaleza, 01 de abril de 2014. Disponível em: <<http://www.oestadoce.com.br/cadernos/oev/água-e-saude-direto-do-garrafao-ou-da-torneira>>. Acesso em: 8 de abril de 2017.

água, em que de acordo com os usuários, costuma ser fornecida com odor e sabor desagradáveis, segundo os quais, estes aspectos se devem a elevada concentração de cloro.

Esta situação, em torno de problemas na qualidade da água proveniente da rede geral de abastecimento, também já foi experimentada em outros locais do Ceará, onde os consumidores realizaram reclamações afirmando que a água distribuída pela companhia de abastecimento apresentava, na maior parte dos casos, odor fétido e coloração turva ou barrenta⁵.

No entanto, este quadro não condiz com as informações repassadas pela CAGECEs em matérias jornalísticas sobre o assunto⁶, em que nestas, afirma que a água distribuída após passar pelas fases de tratamento, é própria para o consumo ao sair das torneiras; sendo que somente a partir do momento em que é armazenada nos domicílios é que torna-se suscetível à contaminação.

Diante deste cenário de contradições, entre o que era relatado pelos usuários da rede geral e as informações divulgadas pelo órgão responsável pelo abastecimento, foi que se optou por analisar o relatório da CAGECE sobre o monitoramento da qualidade da água distribuída pelo SAA do Pecém durante o ano de 2017.

A seguir (Tabela 9), é apresentado o resultado das avaliações dos parâmetros de maior relevância, realizado pela própria companhia de abastecimento, por meio da coleta de 127 amostras na rede de distribuição, que permitiram a realização de 635 análises. Em destaque (vermelho), o quantitativo de amostras não condizentes com o que é estabelecido pelas normas do Ministério da Saúde. Posteriormente (Quadro 5), encontra-se a definição das variáveis analisadas.

⁵ ÁGUA consumida no Interior fora dos padrões exigidos. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 09 de junho de 2015. Disponível em: < <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/água-consumida-no-interior-fora-dos-padroes-exigidos-1.1311101>>. Acesso em: 8 de abril de 2017.

⁶ CAGECE. Água da torneira também é para beber. **O Povo**, Fortaleza, 19 de julho de 2015. Disponível em: <<http://www20.opovo.com.br/app/opovo/dom/2015/07/18/noticiasjornaldom,3472195/cagece-água-da-torneira-tambem-e-para-beber.shtml>>. Acesso em: 8 de abril de 2017.

⁶ ÁGUA da torneira é própria para consumo? Técnica da Cagece prova que sim. **Tribuna do Ceará**, Fortaleza, 11 de março de 2015. Disponível em: <<http://tribunadoceara.uol.com.br/noticias/cotidiano-2/água-da-torneira-e-propria-para-consumo-tecnica-da-cagece-prova-que-sim/>>. Acesso em: 8 de abril de 2017.

Tabela 9 - Resultados das análises do monitoramento da qualidade da água do SAA do Pecém no ano de 2017.

Mês		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Porcentagem de amostras em conformidade	
Parâmetros analisados	<i>Escherichia coli</i>	Nº de Amostras em conformidade	11	11	11	11	9	11	11	12	11	9	7	11	125	98,4%
		Nº de Amostras Efetuadas	11	11	11	11	9	11	11	12	11	11	7	11	127	
		Nº de Amostras Exigidas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	
	Coliformes totais	Nº de Amostras em conformidade	8	11	9	10	7	8	3	9	7	7	6	8	93	73,2%
		Nº de Amostras Efetuadas	11	11	11	11	9	11	11	12	11	11	7	11	127	
		Nº de Amostras Exigidas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	
	Cloro Residual Livre	Nº de Amostras em conformidade	11	11	11	11	9	11	11	12	11	11	7	11	127	100%
		Nº de Amostras Efetuadas	11	11	11	11	9	11	11	12	11	11	7	11	127	
		Nº de Amostras Exigidas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	
	Cor	Nº de Amostras em conformidade	8	11	10	11	7	9	8	11	4	8	7	11	105	82,7%
		Nº de Amostras Efetuadas	11	11	11	11	9	11	11	12	11	11	7	11	127	
		Nº de Amostras Exigidas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	
Turbidez	Nº de Amostras em conformidade	8	11	11	11	9	7	9	8	1	0	0	3	78	61,4%	
	Nº de Amostras Efetuadas	11	11	11	11	9	11	11	12	11	11	7	11	127		
	Nº de Amostras Exigidas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-		

Fonte: Adaptado de CAGECE (2018) por Soares (2018).

Quadro 5 - Conceituação dos parâmetros avaliados.

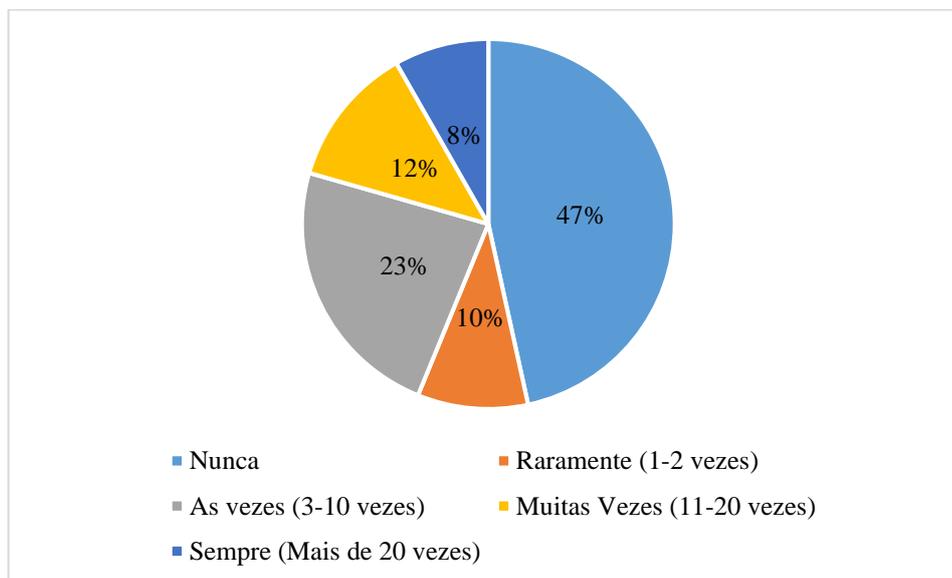
Parâmetro	Significado
<i>Escherichia coli</i>	Faz parte do grupo coliforme e indica a possível presença de organismos que podem causar doenças. De acordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, a água entregue aos consumidores deve estar ausente desse microrganismo em todas as amostras coletadas durante o mês.
Coliformes totais	Indicam presença de bactérias na água e não necessariamente representam problemas para a saúde. De acordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, a água entregue ao consumidor deve apresentar o limite mínimo de 95% de ausência de coliformes totais nas amostras coletadas durante o mês, exceto para os sistemas que coletam menos de 40 amostras por mês, onde o Anexo XX admite apenas uma amostra fora dos padrões durante o mês.
Cloro residual livre	Consiste no resíduo de cloro deixado na rede de distribuição após o processo de desinfecção da água. É um importante indicador das condições da água, funcionando como barreira contra organismos indesejáveis. De acordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, a água entregue ao consumidor deve apresentar uma concentração mínima de 0,2 mg/L (miligramas por litro) de cloro residual.
Cor	Indica a presença de substâncias naturais coloridas finamente divididas ou dissolvidas, capazes de emprestar a própria cor à água. Trata-se de um parâmetro eminentemente estético. Geralmente não apresenta risco à saúde. O valor máximo permitido na água distribuída é 15,0 uH (unidades de Hazen).
Turbidez	Indica o grau de transparência da água. A turbidez é causada devido à presença de substâncias em suspensão. Água muito turva dificulta o processo de desinfecção. O Ministério da Saúde exige um valor máximo permissível de 5,0 uT (unidades de turbidez) na água distribuída.

Fonte: CAGECE (2018).

Conforme os dados expostos, problemas em torno da variável cloro residual livre não se configuram como uma questão emergencial no respectivo SAA, já que durante todo o ano de 2017, as amostras apresentaram 100% de conformidade com as normas vigentes.

Por outro lado, considerando que a alta presença de cloro se manifesta no odor da água (segundo os usuários), foi indagado aos indivíduos com acesso a rede geral e que consideravam essa como a fonte principal, sobre a frequência em que sentiram cheiro forte, indagando a estes sobre o motivo de tal adversidade. A distribuição das respostas sobre esta situação pode ser observada a seguir (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Frequência em que a água da rede geral apresentou mau cheiro ou cheiro forte segundo os usuários.



Fonte: Soares (2018).

Considerando o período delimitado, quase metade dos indivíduos consultados (47%) que utilizavam o serviço da CAGECE, não receberam em seus domicílios água com odor desagradável. Já em torno de um quarto dos entrevistados (23%), relataram que às vezes (3-10 vezes) a água proveniente do SAA foi entregue em padrões que eles consideraram fora de suas expectativas, quanto a variável em questão.

Como demonstrado, a variável referente ao odor alterado da água, se comporta de maneira irregular nas residências avaliadas, tendo em vista uma divisão quase perfeita entre aqueles usuários da rede que não notaram alterações neste parâmetro e aqueles que perceberam modificações no odor na água pelo menos uma vez durante o recorte temporal considerado.

Por conta disto, a questão do cloro no SAA do Pecém apresenta-se como um elemento contraditório, tendo em vista ser tratado pela população com um dos principais entraves ao consumo da água deste provedor e por outro lado, apresenta-se como a variável de melhor controle da rede, dada a elevada quantidade de amostras condizentes com os padrões de potabilidade, como demonstrado anteriormente (Tabela 9)

Referente a presença de bactérias na rede de distribuição, o relatório aponta que há um eficiente controle sobre a manutenção da ausência dos microrganismos *Escherichia coli*, já que 98,4% das amostras demonstraram ausência destes organismos. Em contrapartida, quando se analisa o percentual de amostras em conformidade com a presença de coliformes totais, nota-

se um menor índice de contenção, quadro que pode ser considerado alarmante, principalmente quando constata-se que as amostras em não conformidade com os padrões ocorreram durante todo o ano de 2017, com exceção do mês de fevereiro.

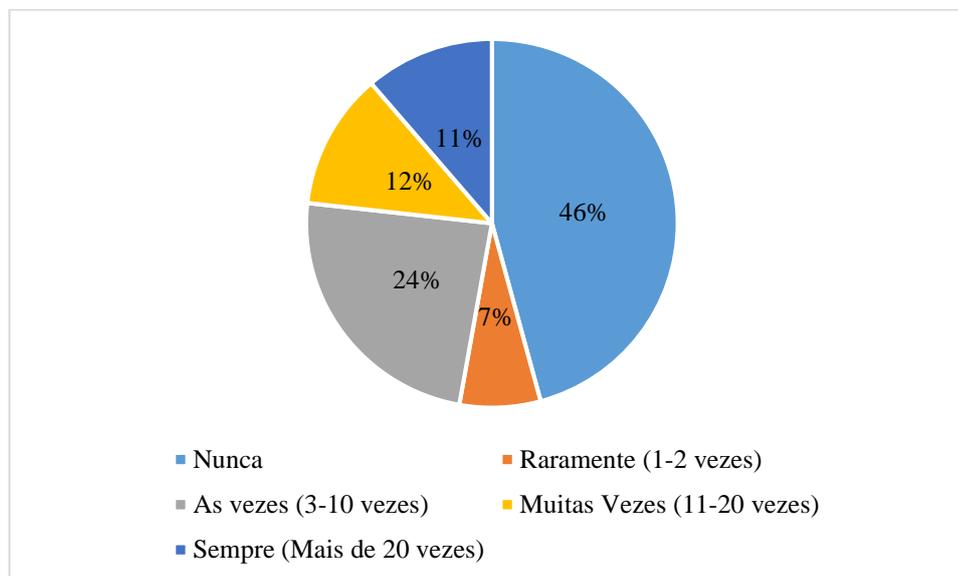
Ao apresentar 73,2% das amostras de avaliação de coliformes em conformidade com o recomendado pelas normas, logo remete-se aos relatos de alguns entrevistados, os quais afirmaram que em algumas ocasiões em que ingeriram água fornecida pela CAGECE, sofreram com problemas de saúde, sobretudo, intestinais.

Já as variáveis de caráter estético avaliadas pelo provedor, referente a cor e a turbidez, os resultados das análises demonstraram que estes parâmetros apresentaram no decorrer de 2017 amostras com índices inferiores ao recomendado pelas normas, principalmente no segundo semestre do ano. A situação mais crítica é a do parâmetro turbidez, a qual de acordo com as análises realizadas, apenas 61,4% das amostras apresentaram condições condizentes com o que estabelece os padrões de qualidade de água para o consumo humano.

Das 127 amostras examinadas, apenas 78 (61,4%) apresentaram condições aceitáveis para o que determina o Ministério da Saúde. Tal quadro merece atenção, principalmente quando se constata que houveram meses (setembro, outubro, novembro e dezembro), em que não houve nenhuma amostra em conformidade ou com quantitativo insignificante.

A situação apontada, com ocorrências da oferta de água com cor diferente ou turva durante o período de estudo, foi experimentada por mais da metade dos usuários (54%) da CAGECE, os quais pelo menos alguma vez durante o recorte temporal de referência, receberam em seus domicílios, água com alterações em sua coloração (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Frequência em que os usuários da rede geral receberam em suas residências, água com cor diferente/turva.



Fonte: Soares (2018).

Considerando o cenário apresentado, é importante por em evidência que esta situação, de ocorrência de problemas na água consumida, seja por aspectos estéticos ou de qualidade, pode gerar respostas emocionais negativas aos usuários, como ansiedade, medo e até vergonha, tendo em vista que estas deficiências não condizem com as expectativas sociais e culturais da população (JEPSON, 2014).

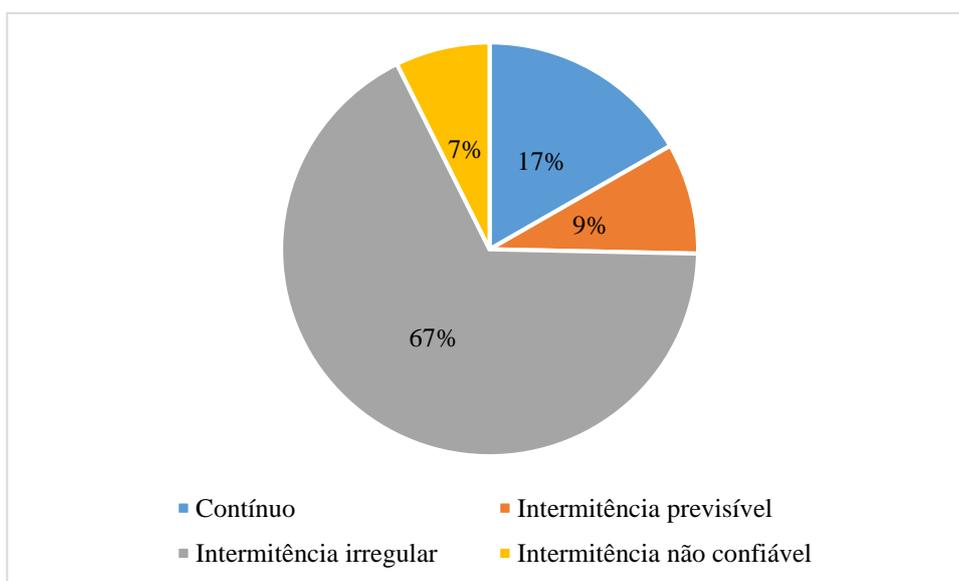
Neste sentido, torna-se fundamental em estudos que partem da escala doméstica, destacar a percepção das famílias em relação a qualidade da água, fato que é ignorado pelas agências de abastecimento. A importância de buscar essas percepções, reside no fato de que este parâmetro influencia as práticas domésticas, já que ao experimentarem um água que não atendem suas expectativas, os indivíduos irão buscar fontes alternativas, ação que resultará em novas despesas, esforços e estratégias (JEPSON, 2014).

Soma-se as adversidades apontadas em torno da qualidade da água, a intermitência do serviço prestado pela CAGECE, em que de acordo com a população consultada, este é um dos principais entraves deste provedor, que se torna mais agravante por conta da suspensão do abastecimento sem a comunicação prévia, cenário que condiciona os sujeitos a quadros de estresse emocional.

Esta condição foi relatada pela maior parte dos abordados que utilizavam a água da rede geral (67% dos 101 indivíduos que responderam esse item), os quais afirmaram que o

fluxo⁷ da água fornecida pela CAGECE é geralmente caracterizada como sendo de intermitência irregular. Por outro lado, 25 entrevistados relataram que a disponibilidade de água se dá em fluxo contínuo. Em menor expressão, há os que consideram que o abastecimento se dá de forma intermitente previsível (13) e os que afirmam que a água é entregue de forma intermitente não confiável somaram 11 casos. A seguir é apresentado o quantitativo percentual das respostas dadas em cada categoria (Gráfico 5)

Gráfico 5 – Caracterização do fluxo da rede geral segundo os usuários do sistema.



Fonte: Soares (2018).

Visando avaliar o modo como os padrões de fluxo da rede se distribuía na área de estudo, foi realizado a espacialização desta variável. A configuração espacial pode ser observada a seguir (Figura 38), onde é demonstrado a distribuição das residências que utilizam a rede geral para a provisão, associado com as repostas sobre a caracterização da disponibilidade de água.

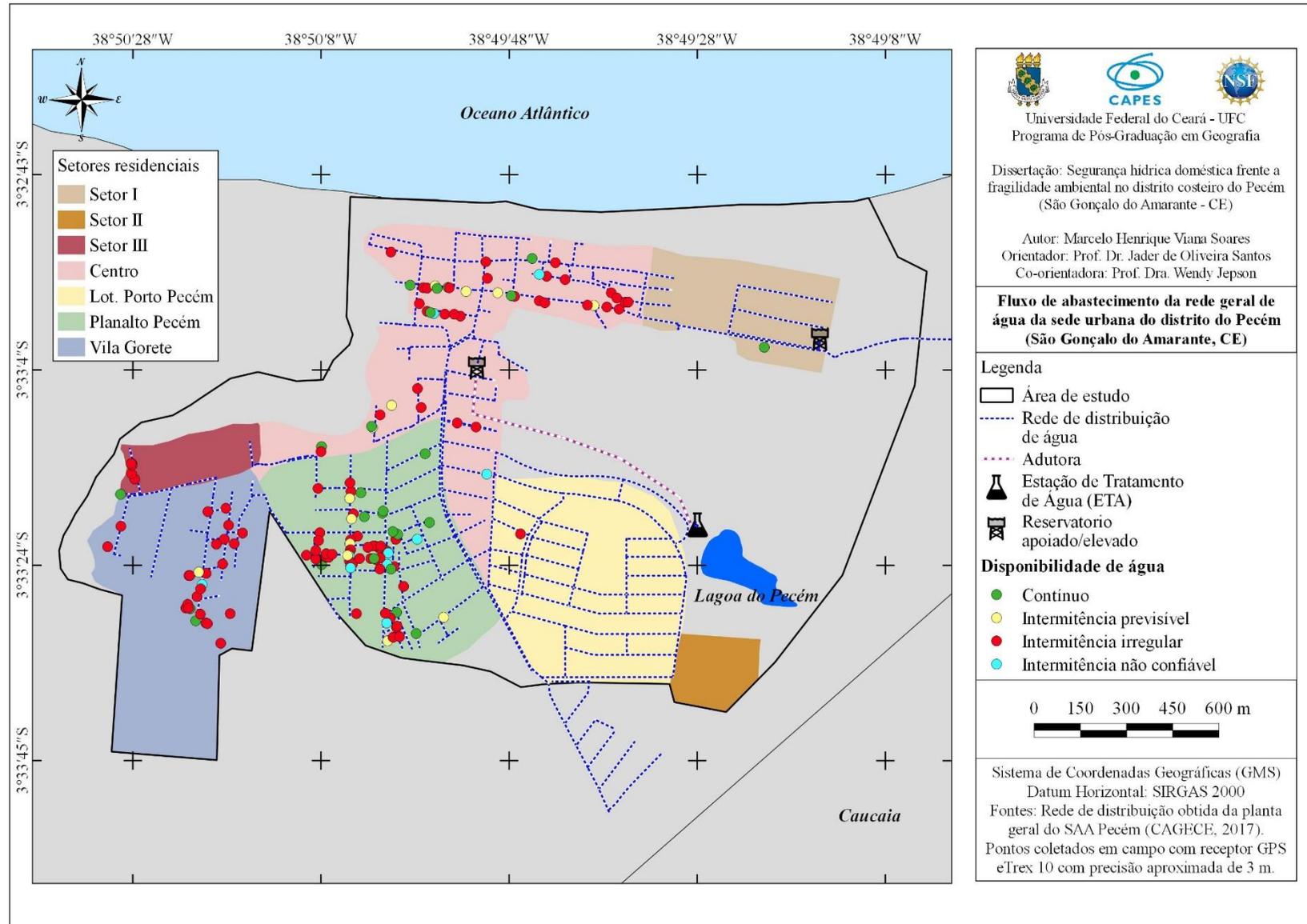
⁷ **Contínuo:** o abastecimento de água é contínuo com uma pressão de água relativamente constante.

Intermitência Previsível: oferta caracterizada por cortes de água que ocorrem geralmente dentro de um cronograma previsível e antecipado, e com pressão de água relativamente constante durante cada entrega. A programação pode ser em escalas de tempo de dias ou mais.

Intermitência Irregular: fornecimento intermitente chegando a intervalos desconhecidos dentro de curtos períodos de tempo de não mais de alguns dias. Os consumidores podem esperar receber uma certa quantidade de água dentro da unidade de tempo, embora eles não podem antecipar precisamente quando a água vai chegar. A pressão da água pode ser inconsistente.

Intermitência não confiável: oferta intermitente caracterizada por prazos de entrega incertos e o risco de quantidade de água insuficiente, muitas vezes exacerbada por armazenamento limitado e longos períodos de não entrega. A entrega é inconsistente e a pressão da água inconsistente pode se manifestar como fonte não confiável.

Figura 38 - Distribuição das residências investigadas com acesso a rede geral e caracterização quanto a oferta de água.

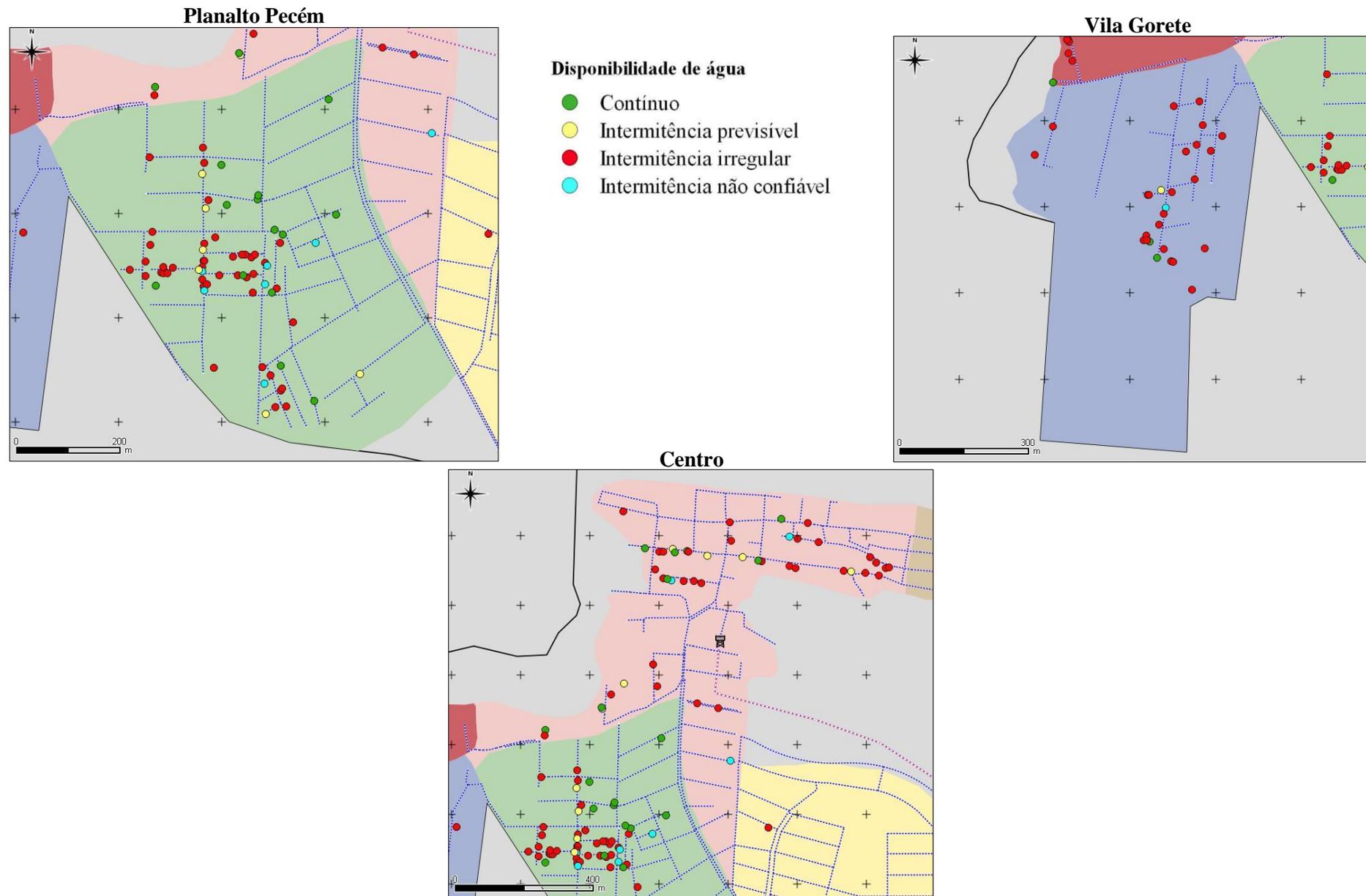


Fonte: Soares (2018).

Conforme o exposto, a ocorrência de residências que consideraram o fluxo do abastecimento da CAGECE como contínua, se manifestam de forma pontual em todos os setores da área de estudo, situação que é similar ao dos indivíduos que consideram que o fornecimento da rede geral ocorre de modo intermitente previsível.

Já ao analisar a distribuição das residências que classificaram a distribuição como intermitente irregular, notou-se que este status ocorre de forma generalizada nos domicílios situados nos setores Planalto Pecém, Vila Gorete e Centro (Figura 39).

Figura 39 - Caracterização do fluxo da rede geral de água nos setores mais adensados: Planalto Pecém, Vila Gorete e Centro.



Fonte: Soares (2018).

No caso do loteamento Porto Pecém, foi verificado apenas uma residência que mencionou que o fluxo se caracterizava por ser intermitente irregular. Por sua vez, no Setor I, composto por condomínios e residências de veraneio, não foi constatado nenhuma menção a esta condição, sendo importante ressaltar que esta não reflete a configuração da distribuição de referidas áreas, tendo em vista a reduzida quantidade de formulários aplicados em tais espaços.

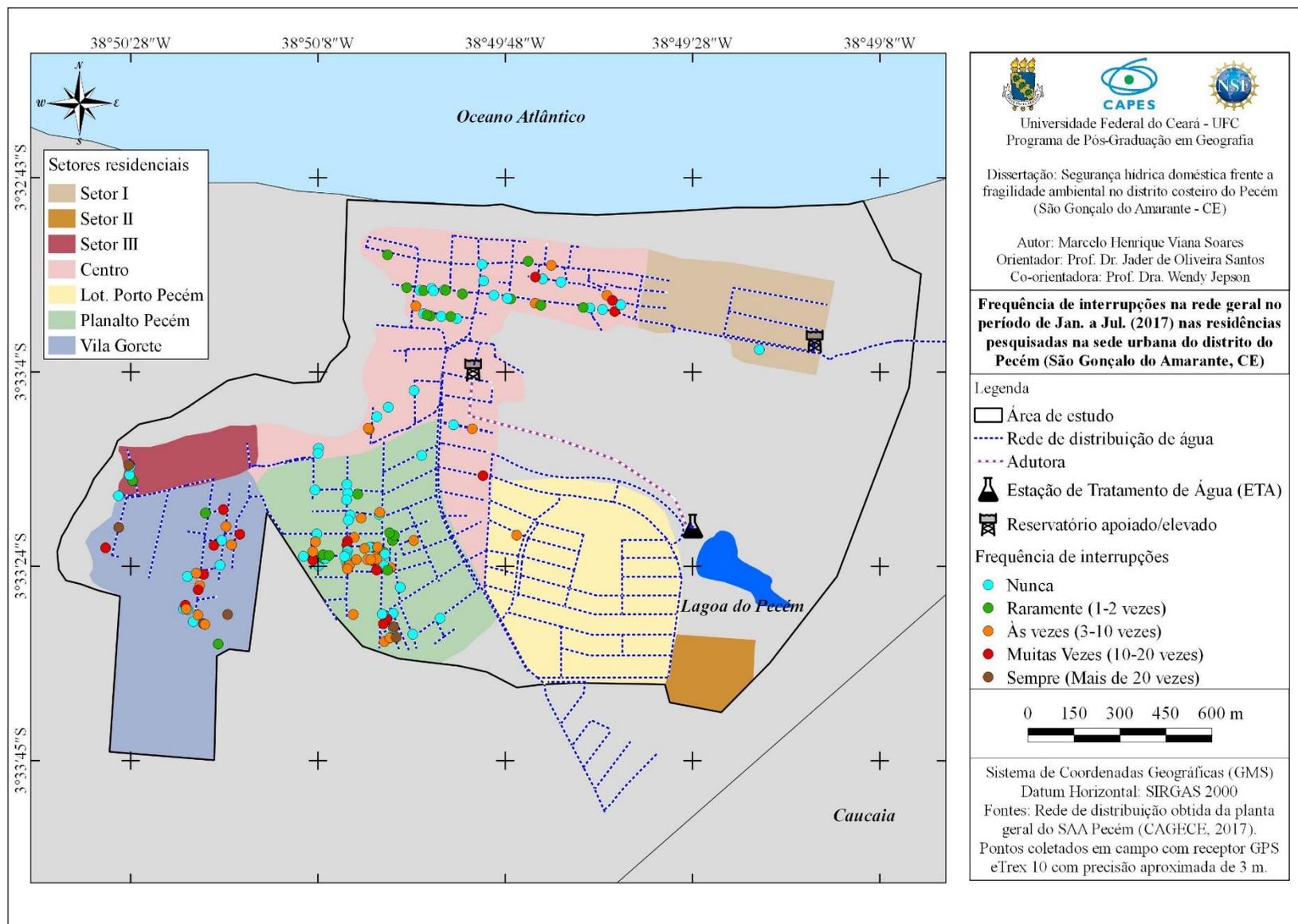
Por fim, os entrevistados que relataram que em seus agregados a oferta se dá na forma mais crítica, referente a categoria de intermitência não confiável, estes se distribuem de forma pontual no território estudado.

Assim, o cenário apresentado, com predomínio de residências que consideram o abastecimento da rede intermitente irregular, distorce da avaliação apresentada pela ARCE em seu relatório de fiscalização do SAA, a qual após medições na rede, afirmou que o referido sistema apresentava continuidade (ARCE, 2010).

Por outro lado, a variável pressão, após passar por medições na citada auditoria, levou a agência reguladora a concluir que o sistema de abastecimento do Pecém apresenta baixa pressão, condição confirmada pela maior parte dos indivíduos abordados.

Visando obter um quadro mais abrangente do acesso a água nos agregados familiares, também foi indagado aos indivíduos consultados sobre a frequência de interrupções no abastecimento pela rede geral, considerando o período de janeiro a julho de 2017. Os dados relacionados a esta variável foram espacializados e sua distribuição na área de estudo pode ser observado a seguir (Figura 40).

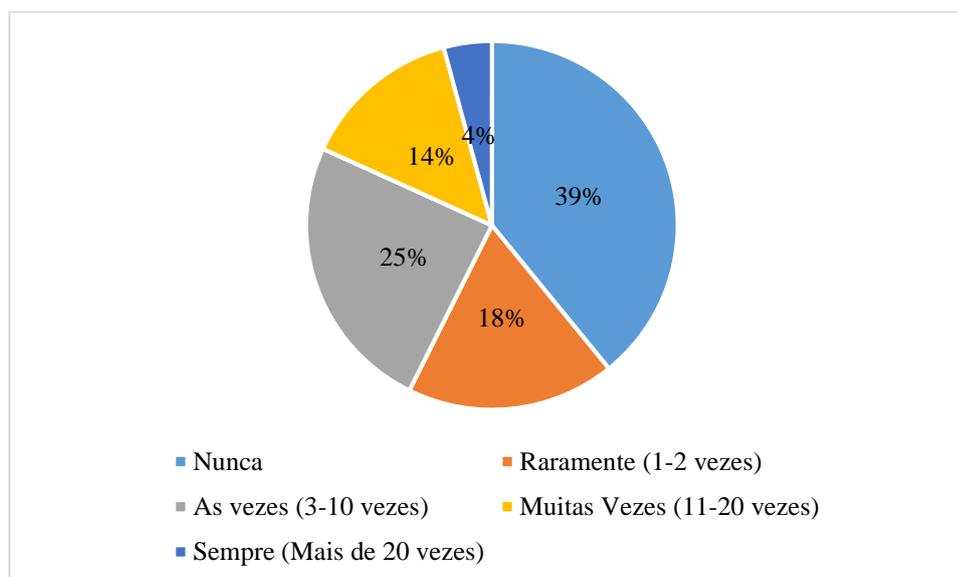
Figura 40 - Frequência de interrupções nos domicílios com acesso a rede geral no período de janeiro a julho de 2017.



Fonte: Soares (2018).

A partir da análise dos dados, constatou-se que no recorte temporal considerado, a maior parte dos entrevistados tiveram poucas suspensões na provisão em suas residências (Gráfico 6). Esta condição, repassada por 56 participantes (correspondente a 39% dos avaliados) esteve presente de forma generalizada nos setores identificados, com exceção do loteamento Porto Pecém.

Gráfico 6 - Frequência em que o abastecimento da rede geral foi interrompido no período de janeiro a julho de 2017.



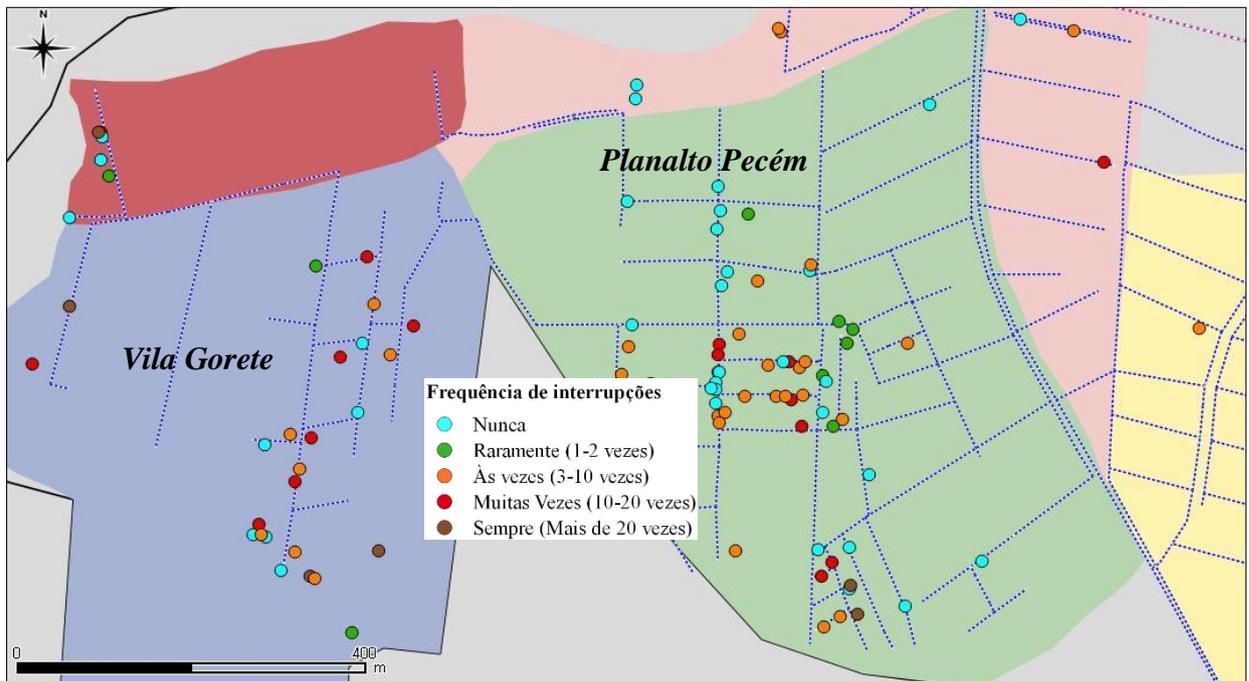
Fonte: Soares (2018).

Já os que experimentaram paralisações, destaque para aqueles que afirmaram ter essa condição ocorrida de 1 a 10 vezes no período considerado (43%). Detalhadamente, 26 entrevistados (18%) relataram que as interrupções ocorreram raramente (1-2 vezes) e outros 35 (25%) afirmaram que tais interrupções ocorreram às vezes, correspondente ao quantitativo de 3 a 10 suspensões no abastecimento. Tais classes, assim como a anteriormente descrita, se manifestam de forma generalizada nas parcelas com acesso a rede geral, a exceção do setor I.

Por fim, os que declararam terem sofrido com cortes no abastecimento em quantidades acima de 11 vezes, correspondem aos menores situações repassadas, tendo em vista que somente em 20 formulários foi revelado que o quantitativo de interrupções teve frequência entre 11 a 20 vezes, e em menor expressão (6 respondentes), os que afirmaram que sempre há cortes no fornecimento.

Em termos de espacialização nos territórios analisados, notou-se que as classes mais críticas, referentes a frequência de interrupções mais recorrentes, distribuem-se de forma variada nas zonas definidas, tendo em vista que no Setor III apenas um participante se enquadrou nesta categoria, ao contrário da Vila Gorete e Planalto Pecém, onde os entrevistados que experimentaram elevadas quantidades de cortes se distribuem de forma generalizada (Figura 41).

Figura 41 - Frequências de interrupções no abastecimento nos setores Vila Gorete e Planalto Pecém.



Fonte: Soares (2018).

Constatou-se ainda que as residências em que houveram maior incidência de interrupções localizam-se próximas as extremidades da rede. Por sua vez, o Centro não revelou ser um setor em que o problema da falta recorrente de água seja uma situação crônica. Já no setor I e no loteamento Porto Pecém, não foram constatados casos que se enquadrassem na categoria mencionada, fato que não se pode afirmar como inexistente, dada a reduzida quantidade de formulários aplicados em tais setores.

Diante do que foi exposto, em que a maior parte dos indivíduos relataram que não houve nenhuma interrupção, cabe salientar que tal situação, conforme repassado pelos entrevistados, ocorre quando há caixas d'água em suas residências, as quais são responsáveis por armazenar água para o uso diário e que vão sendo reabastecidas na medida em que há o

consumo. Logo, somente após o esvaziamento destas é que há uma maior experimentação da interrupção na rede de abastecimento.

Ao analisar as ocorrências operacionais no SAA do ano de 2017 (Quadro 6), constatou-se que o quantitativo informado pela CAGECE se enquadra na frequência de interrupções relatada por 61 entrevistados que utilizam esta fonte, correspondes a 43% da amostra (soma das situações enquadradas nas categorias raramente e as vezes).

Quadro 6 - Interrupções no SAA do Pecém no ano de 2017, com destaque para as suspensões dentro do recorte temporal analisado.

Data da Ocorrência	Bairros afetados	Ligações impactadas	Tipo de ocorrência	Detalhamento da paralisação	Agente causador	Comunicado a população
01/02/2017	Centro, Planalto Pecém	1538	Isolamento da rede	Falta de energia	Vandalismo	Não
08/03/2017	Centro, Planalto Pecém	1514	Paralisação emergencial	Vazamento	CAGECE	Não
19/05/2017	Centro, Planalto Pecém	1479	Paralisação emergencial	Vazamento	Terceiros	Não
26/05/2017	Centro, Planalto Pecém, bairro a regularizar	1479	Paralisação emergencial	Paralisação do sistema produtor	CAGECE	Não
25/07/2017	Centro, Planalto Pecém, bairro a regularizar	1445	Paralisação emergencial	Paralisação do sistema produtor	CAGECE	Não
20/08/2017	Planalto Pecém	1400	Paralisação emergencial	Indisponibilidade de energia elétrica	ENEL	Sim
26/08/2017	Planalto Pecém	696	Paralisação emergencial	Paralisação do sistema produtor	CAGECE	Não
26/09/2017	Planalto Pecém	1453	Paralisação emergencial	Paralisação na macrodistribuição	CAGECE	Não
23/11/2017	Centro, Planalto Pecém, bairro a regularizar	1453	Paralisação por manutenção programada	Limpeza e desinfecção de reservatório (s)	CAGECE	Sim
21/12/2017	Bairro a regularizar	255	Paralisação emergencial	Problemas eletromecânicos em unidade operacional	CAGECE	Sim

Fonte: CAGECE (2018).

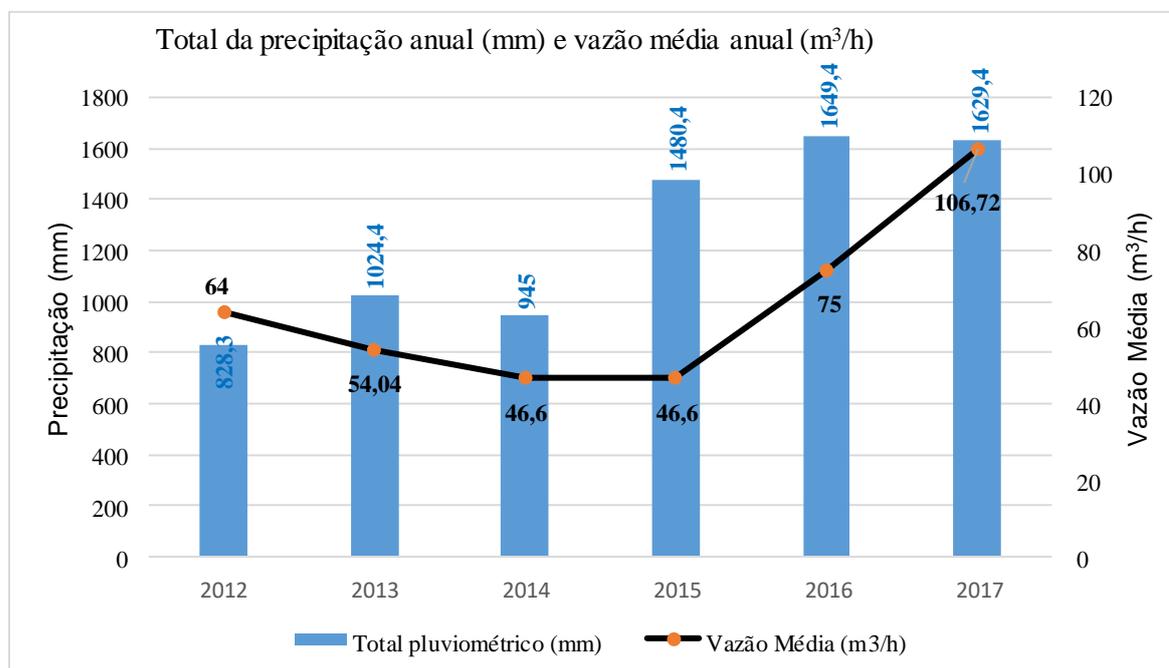
De acordo com as informações apresentadas pela CAGECE, as interrupções ocorreram em todos os setores com acesso a rede de distribuição (a exceção do setor I), situação comprovada pelos dados coletados nos formulários. Outro fato exposto pelo órgão de abastecimento, que corresponde com a realidade repassada pelos entrevistados, diz respeito a falta de comunicação nas suspensões, mesmo quando o agente responsável pelas ocorrências é o próprio provedor.

A partir das avaliações realizadas, referente ao acesso a rede geral de água no ano de 2017, com ênfase no período de janeiro a julho, pode-se constatar que neste recorte, a maior parte dos usuários da CAGECE consultados (39%) relataram que não houve nenhuma interrupção no período em questão. Já a outra parcela, de significativa participação na amostra, afirmaram que as suspensões no fornecimento aconteceram em frequências que consideraram raramente (18%) ou às vezes (24%). Diante destes dados, pode-se afirmar que para o período considerado, as interrupções no abastecimento não se apresentaram como um problema de maior relevância.

Por outro lado, ao indagar sobre a característica geral do fluxo da rede, levando em conta as experiências com o provedor responsável pelo abastecimento na área de estudo, mais da metade dos entrevistados (67%) relataram que geralmente a disponibilidade se dá de forma intermitente irregular.

Este panorama, com reduzidas interrupções no abastecimento dentro do período avaliado, mas caracterizado pela intermitência no serviço de provisão, pode estar relacionado com a vazão média fornecida pelo SAA no ano de 2017, que foi de 106,72 m³/h, montante que representa o dobro do que foi registrado em quase todos os cinco anos antecedentes (Gráfico 7), além de ser o valor mais elevado desde que o sistema começou a operar, em 2002.

Gráfico 7 - Vazão média fornecido pelo SAA do Pecém entre os anos de 2012 a 2017 e volume de total de chuvas do mesmo período.



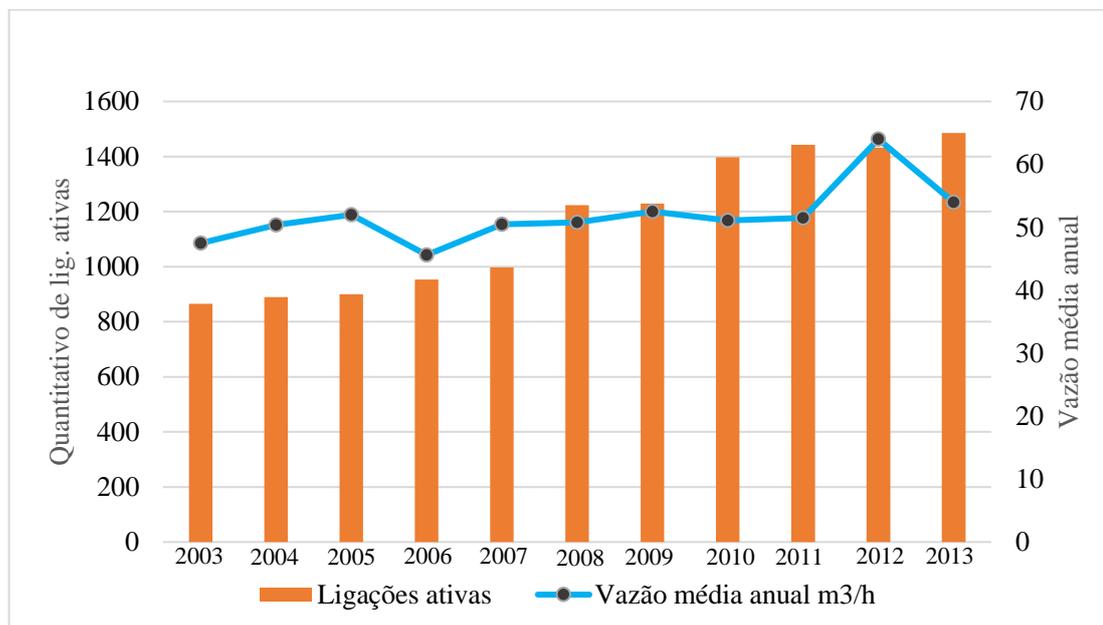
Fonte: Adaptado de CAGECE (2014, 2015, 2016, 2017, 2018) e FUNCEME (2018) por Soares (2018).

Foi incorporado ao gráfico precedente, os totais pluviométricos⁸ registrados no mesmo período de análise da vazão média, tendo em vista que o manancial utilizado para a captação e distribuição está situado em um aquífero que possui como fonte de recarga as águas pluviais. Assim, pode-se considerar que há uma relação entre vazão média anual e precipitação total anual, haja vista que durante os anos de estiagem mais intensa (2012 a 2014), a vazão média permaneceu abaixo de 64 m³/h.

Já ao se comparar o quantitativo de ligações ativas de 2003 até 2013, não se observou relação entre esta variável com a vazão fornecida, tendo em vista que mesmo com quantitativo de ligações ativas ter crescido, a vazão média registrou valores de mesmos períodos em que o total de domicílios conectados era inferior (Gráfico 8).

⁸ Utilizou-se como base para a análise dos totais pluviométricos, os dados do posto Siupé, por conta da menor distância em relação ao Pecém e por apresentar condições semelhantes a este, a exemplo da maior proximidade com a costa.

Gráfico 8 - Relação entre vazão média e número de ligações ativas no SAA do Pecém entre os anos de 2003 a 2013.



Fonte: Adaptado de CAGECE por Soares (2018).

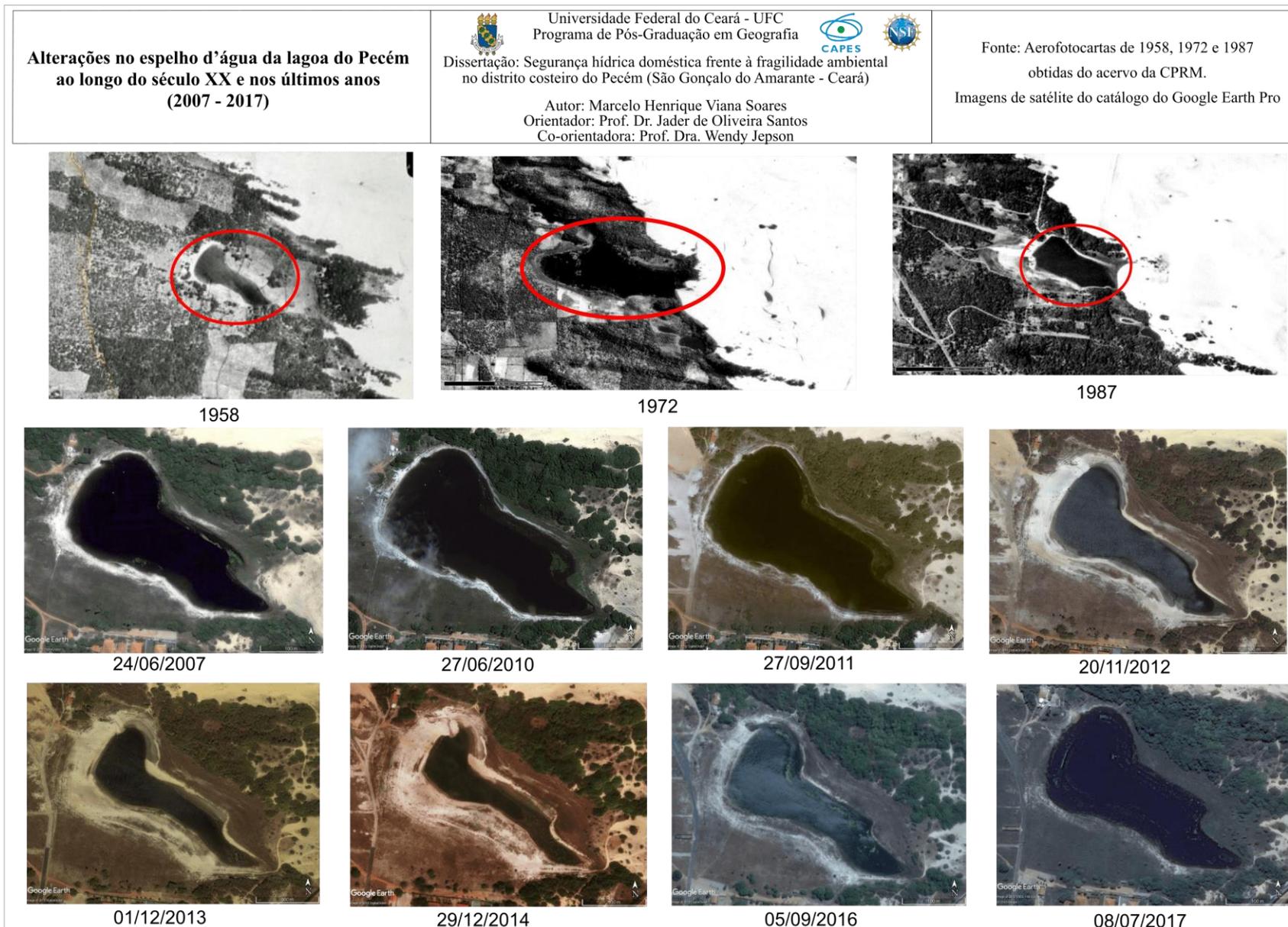
Corroborando essa análise, pode-se citar o caso do ano de 2015, período no qual o número de ligações ativas atingiu 1.615 e a vazão média anual ficou em 46,6 m³/h, quantitativo inferior ao de 2003 (47,5 m³/h), quando o sistema possuía 865 ligações ativas.

Cabe ressaltar que embora 2012 tenha apresentado um total pluviométrico inferior aos anos subsequentes (2012 a 2014), a vazão média fornecida foi superior aos dos anos seguintes que tiveram maior precipitação, por conta do aproveitamento do quantitativo de chuvas registrado em 2011 (1714,4 mm).

Já em 2015, mesmo tendo ocorrido chuvas mais intensas (1480,4 mm), a vazão média manteve o mesmo valor registrado em 2014, em virtude das proximidades das baixas taxas pluviométricas observadas nos anos anteriores e por ter sido 2014 o ano em que o espelho d'água da lagoa do Pecém registrou o nível mais baixo no intervalo de 2010 a 2017 (Figura 42)⁹.

⁹ Não foi incluído na análise temporal imagem referente ao ano de 2015, por conta da ausência de imagens de alta resolução deste período.

Figura 42 - Alterações no espelho d'água da lagoa do Pecém ao longo do século XX e nos últimos anos.



Fonte: Adaptado de CPRM e Google Earth Pro por Soares (2018).

Conforme o exposto, pode-se constatar que os anos mais críticos em termos de armazenamento na lagoa do Pecém foram referentes ao período de 2012 à 2014. Como reflexo deste cenário, foi construído no final de 2013 uma adutora emergencial de montagem rápida para abastecer a sede distrital, concebida para operar por meio da captação do canal abastecido pelo açude Sítios Novos, tendo como destino a ETA¹⁰.

Segundo as previsões feitas, a adutora previa atender cerca de 8 mil habitantes para que garantisse segurança hídrica para esta população até a quadra invernososa do ano seguinte (2014). No entanto, de acordo com as informações repassadas pela unidade da CAGECE responsável pela gerência do SAA do Pecém, a adutora não chegou a funcionar, tendo em vista que no ano após a sua construção (2014), o nível de armazenamento do manancial de captação aumentou após a quadra chuvosa, não sendo mais necessário recorrer a água que iria ser fornecida pela adutora.

Já em 2015, outra ação foi posta em relação ao quantitativo apresentado no manancial de captação, sendo que naquela ocasião, a ARCE após uma fiscalização do SAA do Pecém, emitiu um termo de notificação a CAGECE, recomendando a este provedor que por conta da baixa recarga da lagoa do Pecém, buscasse fontes alternativas para o suprimento de água no referido sistema (ARCE, 2015).

Acrescenta-se ao quadro apresentado, o aumento do custo tarifário do serviço de abastecimento¹¹, principalmente ocasionado pelo incremento da tarifa de contingência, a qual estabelece que caso os consumidores não atinjam a meta definida (reduzir o consumo de água em 20%), ficam sujeitos a pagar uma fatura com acréscimo de 120%.

A partir dos formulários, constatou-se que os custos com os serviços de provisão representam impactos significativos na renda familiar, já que houveram indivíduos que relataram que em algum momento não possuíam dinheiro necessário para arcar com os custos para terem acesso a água ou mesmo que deixaram de comprar algum produto ou de pagarem outras despesas, para que conseguissem custear o acesso a água. Esta situação vem ocasionando

¹⁰ CID Gomes inaugura adutora emergencial do Pecém. **COGERH**, Assessoria de Comunicação e Marketing. Disponível em: <<https://www.cogerh.com.br/component/k2/1392-cid-gomes-inaugura-adutora-emergencial-do-pecem.html?Itemid=282>>. Acesso em: 02 de jun. 2018.

¹¹ Para clientes residentes no Ceará, considerados “residencial social”, a CAGECE cobra através do consumo real com distribuição uniforme do subsídio para consumo até 10m³. Esta categoria de clientes que utiliza a rede de água paga de R\$ 1,19 a R\$ 11,90, variando de acordo com os metros cúbicos consumidos. Fonte: CAGECE. Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/precos-e-prazos/estrutura-tarifaria/>>. Acesso em: 20 de abr. de 2018.

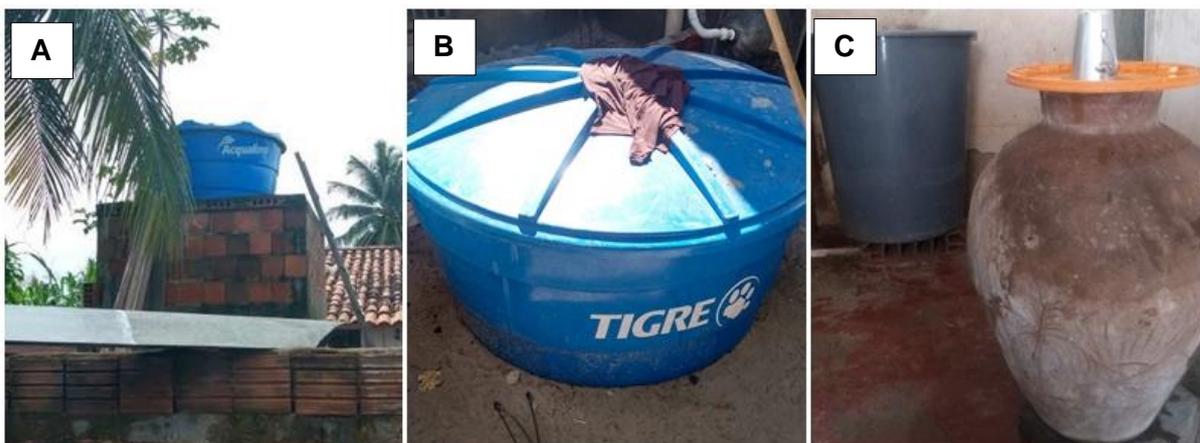
dificuldades às famílias de menor poder aquisitivo, em que na ausência de condições para efetuar os pagamentos, há a suspensão da ligação, situação que intensifica o quadro de stress emocional dos sujeitos.

Diante do que foi exposto, ressalta-se que a provisão de água para os domicílios é uma ação fundamental para garantir a segurança hídrica das famílias, tendo em vista tratar-se de um elemento essencial a sobrevivência humana. Desta forma, garantir o acesso a quantidades suficientes de água, pode proporcionar o bem-estar dos indivíduos, ao permitir que estes desenvolvam suas atividades domésticas e aquelas relacionadas a sua subsistência. Esta condição pode ser potencializada, caso além do quantitativo necessário, também seja assegurado que se tenha acesso a uma água de qualidade, já que isto poderá influenciar a saúde humana e na prevenção de doenças (BRADLEY; BARTRAM, 2013).

6.3 Formas de armazenamento e de tratamento de água no ambiente doméstico

Referente aos meios de armazenamento, a maioria dos entrevistados citou que utilizam caixa d'água de estrutura plástica (Figura 43A) ou de alvenaria, principalmente para atender as necessidades de higiene (banho). Outras estruturas empregadas se referem ao uso de baldes (Figura 43C) e raramente, cisternas de plástico (Figura 43B) e potes de barro (Figura 43C).

Figura 43 - Meios de armazenamento de água presentes nos domicílios consultados.



Fonte: Soares (2017).

Quanto as formas de tratamento de água realizada nas residências investigadas, comumente emprega-se filtros acoplados na torneira da cozinha (filtros de carvão ativado

comercializados por empresas especializadas), além da adição de cloro e hipoclorito de sódio (em parte, entregues por agentes de saúde) no interior dos poços e nas caixas d'água, e em menor expressão, há os que utilizam dos filtros de barro (Figura 44A), desinfecção solar (Figura 44B) ou fervura como forma de tratar a água para o consumo familiar.

Figura 44 - Formas de tratamento de água utilizada em alguns domicílios.



Fonte: Soares (2017).

Um aspecto peculiar é que apenas em casos raros os indivíduos entrevistados relataram beberem a água da CAGECE direto da torneira, sem passar por nenhum tratamento em suas residências, fato este não consumado pela maioria dos residentes consultados, por conta de relatarem que a qualidade da água deste provedor é imprópria para o consumo humano, apoiados na experiência que tem com este provedor.

No entanto, ressalta-se que também foram descritas incidências de problemas nas águas envasadas e oriundas dos poços, embora, de menor proporção do que os relacionados a da rede geral. A respeito das águas consumidas dos poços, foram elencadas ocorrências de águas com mau cheiro, provavelmente associado a decomposição de matéria orgânica, bem como da presença de materiais em suspensão.

Outro fator a ser posto em destaque, refere-se ao fato da alta suscetibilidade dos poços a contaminação, tendo em vista que são perfurados em uma área de um aquífero livre com baixo percentual de domicílios conectados à rede geral de esgoto, sendo que no Pecém, o índice de atendimento ativo de esgoto é de apenas 33,13 % (ARCE, 2015). Esta condição torna-

se alarmante, principalmente nas áreas onde predominam como fonte dos dejetos domésticos as fossas sépticas, assim como os poços próximo ao cemitério, na vila Gorete, bem como os extravasamentos e obstruções na rede coletora de esgoto da CAGECE e áreas onde ocorre lançamento de esgoto a céu aberto.

Referente as águas de garrafão, também foram mencionados pelos usuários, adversidades nesta fonte, principalmente associado ao sabor. No entanto, como não foram obtidos materiais sobre os parâmetros físico-químicas destas águas, não foi possível aprofundar as análises sobre as experiências das famílias com a qualidade desta fonte.

A situação percebida na sede urbana do Pecém referente as dimensões que compõem a segurança hídrica domiciliar, enquadra-se em um contexto mais amplo que envolve outros espaços urbanos do sul global.

Como exemplo, Bakker (2003, p. 334) destaca algumas questões relacionadas ao abastecimento nas áreas urbanizadas dos países em desenvolvimento que corresponde à realidade da área de estudo. Assim, relata que uma das situações em comum é de que “Mesmo aqueles com acesso a serviços em rede podem ter problemas com baixa qualidade e confiabilidade. Em muitos sistemas de abastecimento de água em rede, a água pode fluir de forma intermitente – algumas horas por dia, ou apenas algumas horas por semana”.

Neste âmbito, acrescenta que problemas com pressão da água contribuem ainda mais para dificultar o acesso a água, em que, ao enfrentar este problema, as famílias normalmente deixam as torneiras constantemente abertas, para quando chegar água de forma repentina, aproveitarem para encher os baldes ou outras estruturas.

O contexto do abastecimento verificado na sede urbana do Pecém, é similar a alguns aspectos relatado por Jepson (2014) em comunidades peri-urbanas no sul do Texas (EUA), onde as duas realidades enquadram-se no mesmo cenário, onde a população tem acesso a um serviço de abastecimento público de água, desde que possam pagar, caso contrário, tem suas conexões cortadas e mesmo a conexão com a rede geral não é garantia de acesso a uma água de qualidade aceitável ou um serviço adequado, sem interrupções e outros entraves.

Para contornar esta problemática, os moradores de ambos os locais, recorrem a fontes de água particulares, como compra de água engarrafada ou pagam para a perfuração de um poço em sua residência, em que estas situações aumentam os custos financeiros para acessar a água potável, além de exigir tempo, esforço físico e sofrimento emocional, fatores que tornam-se mais intensos, principalmente para as famílias de baixa renda.

7. RELAÇÕES ENTRE FRAGILIDADE AMBIENTAL E SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA NO NÚCLEO URBANO DO PECÉM

Como relatado anteriormente, as unidades de fragilidade potencial, hierarquizadas entre os níveis médio, forte e muito forte, são as que abrangem mais da metade da área de estudo (57%) e são nestes setores de maior estabilidade, onde está situada parcela predominante da população do recorte espacial da pesquisa.

Concernente ao abastecimento doméstico, a sede urbana do Pecém encerra um quadro dinâmico, por conta da presença de diferentes fontes de suprimento, associada a atuação conjunta de diversos atores, instituições e de tecnologias de acesso, tratamento e armazenamento de água. Neste panorama, de acordo com os dados obtidos pelos formulários, constatou-se que a rede geral não atende as expectativas da maior parte dos usuários, seja referente ao acesso ou a qualidade da água, o que acaba refletindo em respostas emocionais negativas

Diante desta conjuntura, é que se buscou compreender se existia relação entre fragilidade do ambiente e a segurança hídrica das famílias, investigando se as condições ambientais poderiam representar pontos de entrave ao alcance das variáveis que contribuem para que se obtenha níveis satisfatórios de segurança hídrica domiciliar.

Logo, a partir da realização de análises integradas, em torno dos aspectos da fragilidade ambiental e da segurança hídrica domiciliar, foi possível verificar que tais sistemas não apresentam relações diretas entre si, pois mesmo em setores residenciais localizados em ambientes mais estáveis, há a ocorrência de deficiências no sistema de abastecimento da rede geral e em outras fontes.

Como exemplo da situação relatada, pode-se apontar o caso do setor Planalto Pecém, o qual, apesar de se encontrar em um espaço de fragilidade potencial média, apresentou ocorrências de interrupções no abastecimento, bem como de caracterização da oferta pelos usuários, de um serviço irregular e não confiável de provisão.

As informações e relações entre as condições de fragilidade ambiental e dos aspectos da segurança hídrica dos demais setores, podem ser observadas a seguir (Quadro 7).

Quadro 7 - Aspectos da fragilidade ambiental e da segurança hídrica dos setores avaliados.

Setor residencial	Área (ha)	População	Cobertura da rede geral de abastecimento	Unidades de fragilidade ambiental	Frequência de intermitência	Fluxo geral da rede
Setor I	16,77	23	Sim	Potencial média	Nunca	Contínuo
Setor II	5,87	39	Não	Potencial média, potencial muito forte, emergente forte	-	-
Setor III	7,1	54	Sim	Potencial média e potencial muito forte	Nunca	Intermitente irregular
Centro	48,87	1615	Sim	Potencial média, potencial forte, potencial muito forte, emergente média, emergente forte	Predomínio de nunca, mas com ocorrência de diferentes frequências de interrupções	Predomínio de intermitente irregular
Loteamento Porto Pecém	37,13	81	Sim	Potencial média	Às vezes	Intermitente irregular
Planalto Pecém	36,22	2559	Sim	Potencial média, potencial muito forte	Predomínio de nunca, mas com ocorrência de diferentes frequências de interrupções	Predomínio de intermitente irregular
Vila Gorete	37,93	495	Parcial	Potencial média, potencial muito forte	Predomínio de diferentes frequências de interrupções	Predomínio de intermitente irregular

Fonte: Soares (2018).

Além do que foi observado nas análises dos dados primários, também percebeu-se que mesmo nos relatórios de fiscalização do SAA do Pecém, nenhuma condição ambiental foi apontada como obstáculo para comprometer a oferta do sistema, ao invés disso, são mencionados apenas aspectos infraestruturais da rede, como vazamentos e falta de energia. Contrariamente, ao que se pensava, as condições físicas-naturais da área de estudo, ao invés de

comprometer os sistemas de provisão, podem é favorecer a expansão e exploração dos recursos hídricos, como será demonstrado a seguir.

Os setores residenciais do núcleo urbano do Pecém estão situados em um espaço onde há primazia de tabuleiros pré-litorâneos de baixos declives e com poucas rupturas topográficas acentuadas. Além destas condições, por estarem localizados no domínio hidrogeológico do aquífero dunas/paleodunas, o qual é classificado como não confinado, dado o caráter livre e nível estático raso, e que por conta de elevada permoporosidade e alta recarga pluviométrica, o torna de elevado potencial hídrico subterrâneo e superficial (COGERH, 2016; MOURA; SABADIA; CAVALCANTE, 2016).

Por estar assentado neste arranjo geológico-geomorfológico, a área de estudo possui condições naturais que propiciam as infraestruturas hídricas de abastecimento doméstico. Ou seja, não há presença generalizada de entraves topográficos (superfícies de acentuada inclinação ou de marcantes diferenças altimétricas) na área de abrangência da rede geral, que possam comprometer a oferta ou até mesmo, a expansão deste sistema.

Este cenário também facilita a exploração das águas subterrâneas, tendo em vista o potencial hídrico do aquífero sobre o qual está assentado. Além de possibilitar o acesso aos recursos hídricos subterrâneos, haja vista o baixo nível do lençol freático, o aquífero dunas também propicia a obtenção de uma água com qualidade própria ao consumo humano (NOGUEIRA et al., 2005).

Diante deste contexto, a população da sede urbana do Pecém está situada em uma configuração física-natural que não oferece grandes desafios ao acesso a água para o consumo doméstico.

Já os reflexos da fragilidade dos ambientes na qualidade da água são inexistentes, tendo em vista que em geral, a qualidade da água da CAGECE, conforme os parâmetros avaliados pelo provedor, estão em conformidade com os padrões exigidos. Por outro lado, constatou-se por meio dos relatos dos entrevistados, que a qualidade da água dos poços não apresenta maiores desafios, sendo geralmente, classificadas como de qualidade aceitável. Por fim, a relação entre a fragilidade do ambiente com a qualidade das águas envasadas não foi possível de analisar, tendo em vista que não há nenhuma empresa que utilize os recursos hídricos da área para captação e comercialização.

Como demonstrado, mesmo as condições de estabilidade/instabilidade do ambiente não representando ameaças para o acesso a uma água de quantidade e qualidade aceitável, deve-

se considerar a vulnerabilidade dos poços a contaminação decorrentes das atividades socioeconômicas, notadamente por conta da exploração de água subterrânea para atender a demanda industrial do CIPP e pelos dejetos oriundos destes empreendimentos, assim como a baixa cobertura de saneamento básico e o risco de contaminação dos poços localizados próximos ao cemitério.

Concernente as limitações do SAA da CAGECE, aponta-se como vulnerabilidade deste provedor, o fato de ter como base para o seu funcionamento, a captação de um único manancial, o qual já apresentou níveis alarmantes, como demonstrado anteriormente. Soma-se a este quadro, a projeção de crescimento populacional da área, o que resultará em uma maior demanda por água. A partir destas condições, a rede geral pode enfrentar quadros fortemente críticos, associados ao aumento de ligações ativas, capacidade limitada de armazenamento da lagoa do Pecém, bem como a eventuais anos de reduzidas precipitações pluviométricas.

Ao analisar dados sobre a infraestrutura da rede geral de abastecimento do distrito do Pecém¹², verifica-se que de acordo com as informações obtidas, que este sistema, atualmente, consegue atender à demanda dos usuários quanto ao acesso a água (Tabela 10).

Tabela 10 - Oferta e demanda do SAA Pecém.

População com acesso a rede geral (IBGE, 2010)	Consumo médio per Capita de água - l/hab.dia, (BRASIL, 2018)	Consumo total diário (m ³)	Consumo total anual (m ³)	Volume armazenado na lagoa do Pecém (2011) – (m ³)	Tempo de abastecimento da população com acesso a rede geral (IBGE, 2010) (dias)	Tempo de abastecimento da população com acesso a rede geral (IBGE, 2010) (anos)	População que o volume da lagoa (2011) pode atender em um ano
3.560	149,30	531,5	193.997,5	280.205,80	527	1 ano e 4 meses	5.141

Fonte: Adaptado de IBGE (2010), COGERH (2016) e Brasil (2018) por Soares (2018).

No entanto, esta situação pode ser significativamente alterada com o aumento populacional previsto na região, pois com o desenvolvimento do CIPP, o Pecém tende a tornar-se predominantemente urbano-industrial, em decorrência do êxodo rural e pela atração de indivíduos e negócios, o que resultará em uma expansão acelerada deste espaço, sendo

¹² Utilizou-se como base o volume armazenado na lagoa em 2011 por ter sido o ano em que a COGERH determinou sua capacidade utilizando dispositivos de alta precisão, além de que naquele período a lagoa estava em um nível representativo de quando está com boa capacidade de armazenamento (conforme exposto na Figura 42, p. 117).

necessário que serviços básicos, como o abastecimento, consigam acompanhar essas alterações (CEARÁ, 2013).

Atenta a essas dinâmicas socioeconômicas as quais o Pecém encontra-se atrelado, o Plano Municipal de Saneamento de São Gonçalo do Amarante projetou que o referido distrito passará por um crescimento populacional significativo nos próximos 20 anos (2012 a 2031). Para tanto, apoiou-se nos dados de quantitativo de habitantes registrados pelo IBGE de 2000 a 2010, além de considerar a influência dos investimentos futuros, bem como da taxa de urbanização. Seguindo estes quesitos, estimou o seguinte contingente populacional para o distrito do Pecém para as próximas duas décadas (Tabela 11).

Tabela 11 - Projeção populacional do distrito do Pecém (2012 a 2031).

Pecém	Ano				
	2012	2016	2021	2026	2031
População	9.589	14.557	24.529	41.333	69.648

Fonte: São Gonçalo do Amarante (2013).

Conforme o exposto, caso o quantitativo de indivíduos que utilizam a rede geral cresça na mesma proporção da população geral e mantenha o mesmo valor de consumo médio *per capita* de água, já partir de 2021 a capacidade do SAA pode ser superada e, assim, não atender à demanda residencial, caso mantenha-se como única fonte de captação para abastecimento a lagoa do Pecém.

Apesar da projeção de um cenário crítico em relação ao abastecimento, cabe destacar que, pelo fato de a área de estudo se configurar como um meio urbano, as oportunidades para as melhorias no abastecimento de água, bem como nas condições de saneamento, se tornam mais viáveis do que em regiões periurbanas ou rurais, já que nas cidades a concentração populacional e de recursos financeiros permite um maior direcionamento de esforços e investimentos em soluções técnicas eficientes para os sistemas de provisão (BOGARDI et al., 2012).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Discussões em torno das problemáticas ambientais e da água, com foco no abastecimento, têm permeado de forma contínua as agendas e os projetos de diversas entidades políticas e científicas. Dentre essas temáticas, a busca pela compreensão das fragilidades dos espaços naturais, bem como dos aspectos em torno da provisão de água para as sociedades, tem se constituído como objeto de interesse de pesquisas acadêmicas e programas governamentais.

Ao reconhecer a importância do entendimento das dinâmicas destes objetos nas esferas sociais e ambientais, despertou-se o interesse em investigar as relações entre as fragilidades das paisagens naturais e alteradas, com aspectos associados às dinâmicas do abastecimento doméstico em um meio urbano costeiro.

Assim, com o emprego dos modelos teórico-metodológicos selecionados, foi possível analisar as possíveis relações entre fragilidade ambiental e segurança hídrica domiciliar na sede urbana do distrito do Pecém. Ou seja, buscou-se compreender se os espaços com níveis de instabilidade ambiental em níveis críticos representavam ameaças ao alcance das variáveis que compõem a segurança hídrica das famílias, ou seja, relacionado ao acesso à água, qualidade e questões emocionais.

Referente à análise da fragilidade ambiental, foi constatado que a área de estudo apresenta espaços associados a ambientes mais estáveis (fragilidade potencial), bem como setores de fragilidade em condições críticas, representados por unidades de fragilidade emergente, presentes em ambientes com forte atuação de processos morfogenéticos (faixa de praia, campos de dunas móveis e planícies lacustre e fluviomarinha). A categoria que se apresentou de maior predomínio foi referente a de fragilidade potencial, hierarquizada em três classes: média, forte e muito forte, todas situadas predominantemente nos tabuleiros pré-litorâneos e onde está situado a maior parte do contingente populacional da área de estudo.

Em se tratando da segurança hídrica, foi possível averiguar pontos basilares na dinâmica em torno do abastecimento familiar, principalmente no tocante às fontes utilizadas, representadas por três meios principais: rede geral, poços e águas envasadas. A variável qualidade também mostrou suas peculiaridades, tendo em vista que a percepção que os usuários da CAGECE têm desta fonte é contraditória aos laudos técnicos deste provedor, os quais apresentam que a água distribuída atende às normas de potabilidade.

Mediante as etapas operacionais, foi possível notar que parte dos entrevistados apresentam em suas residências deficiências no alcance das dimensões que compõem a segurança hídrica doméstica (acesso, qualidade e afeto). No entanto, por conta das restrições do cronograma do projeto, não foi possível sistematizar todos os dados coletados pelos formulários, para que viabilizasse determinar individualmente, para cada domicílio investigado, seu nível de segurança hídrica.

A partir da análise integrada dos objetos de estudo, constatou-se que a fragilidade ambiental não compromete a segurança hídrica das famílias. Contrariamente, as condições físico-naturais da área de estudo propiciam a expansão da rede geral e o aproveitamento das águas subterrâneas e superficiais. Com isto, a indagação principal levantada, na qual se supunha que a fragilidade do ambiente poderia atuar como um fator adverso na segurança hídrica doméstica, mostrou-se sem veracidade.

Diante dessas considerações, foi possível atingir os objetivos delineados, já que foi possível estabelecer o quadro da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados da sede urbana do Pecém em escala de detalhe e pôr em evidência a atual configuração das infraestruturas de abastecimento empregadas pela população.

Visando aprofundar as análises para que se pudesse obter clareza em alguns fatores específicos, principalmente em relação à segurança hídrica doméstica, seria oportuno acrescentar, em futuras investigações, avaliação das dinâmicas de acesso, qualidade e consumo das águas engarrafadas, bem como das águas obtidas dos poços públicos e privados.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. F. C. **Zona costeira do Pecém: de colônia de pescador a região portuária**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, p. 217, 2005.

ARCE. **Relatório de fiscalização RF/CSB/0036/2015: Fiscalização dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário da Localidade de Pecém do Município de São Gonçalo do Amarante**. Fortaleza: ARCE, 2015. 47 p. Disponível em: <http://www.arce.ce.gov.br/index.php/relatorios-de-fiscalizacao-saneamento/sistemas-de-abastecimento-de-agua/category/188-sao-goncalo-do-amarante?download=6834:pcsbcsb01352015-relatorio-de-fiscalizacao-no-rfcsb00362015-anexado-em-17072015>. Acesso em: 03 jun. 2018.

_____. **Relatório de fiscalização RF/CSB/0049/2010: Fiscalização dos Sistemas de Abastecimento de Água do Distrito do de Pecém, Município de São Gonçalo do Amarante**. Fortaleza: ARCE, 2010. 70 p. Disponível em: <http://www.arce.ce.gov.br/index.php/cagece/relatorios-de-fiscalizacao-saneamento/sistemas-de-abastecimento-de-agua/category/155-pecem?download=2824%3Apcsbcsb0472010-relatorio-de-fiscalizacao-rfcsb0492010-anexado-em-30092010>. Acesso em: 03 jun. 2018.

AZEVEDO, M. V. C. **Pecém e sua gente**. Pecém: *s.n.*, 1998. 37 p.

BAKKER, K. Archipelagos and networks: urbanization and water privatization in the South. **Geographical**, v. 169, n. 4, p. 328–341, 2003.

_____. Water Security: Research Challenges and Opportunities. **Science**, v. 337, n. 6097, p. 914–915, 2012.

_____.; MORINVILLE, C. The governance dimensions of water security: a review. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 371, n. 2002, p. 1–18, 2013.

BANCO DO NORDESTE. **Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste: PRODETUR/NE I**. Relatório final de projeto/Anexos do memorando do executor. 2005. Disponível em: http://edi.bnb.gov.br/content/aplicacao/prodetur/downloads/docs/docum_10_pcr_ii.pdf. Acesso em: 15 abr. 2017.

BOGARDI, J. J. et al. Water security for a planet under pressure: Interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 1, p. 35–43, 2012.

BORGES, F. R. **Expansão metropolitana de Fortaleza e a produção do espaço de Pecém - São Gonçalo do Amarante - CE**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia), Universidade Federal do Ceará, p. 126, 2014.

BRADLEY, D. J.; BARTRAM, J. K. Domestic water and sanitation as water security: monitoring, concepts and strategy. **Phil. Trans. R. Soc. A**, v. 371, n. 2002, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-água-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>. Acesso em: 22 de jul. 2018.

CAGECE. **Relatório anual para informação ao consumidor**: Relatório da qualidade da água do Pecém de 2017. Fortaleza: CAGECE, 2018. 5 p. Disponível em: <https://ww2.cagece.com.br/abastecimento-de-água/relatorios-de-qualidade/category/273-unbcl?download=3157:pecem>. Acesso em: 02 jun. 2018.

_____. Diretoria comercial - Gerência de faturamento e arrecadação. **Planta geral de rede de água, cidade: Pecém**. Fortaleza, 2017. 1 mapa, color. Escala 1:4.000.

CEARÁ. **Pacto pelo Pecém: Iniciando o diálogo**. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos da Assembleia Legislativa do Ceará. v. 1, p. 80, 2011. Disponível em: <https://www.al.ce.gov.br/phocadownload/conselhoaltosestudos/Iniciando%20o%20di%C3%A1logo2-FINAL.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2017.

_____. **Cenário atual do Complexo Industrial e Portuário do Pecém**. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos da Assembleia Legislativa do Ceará. v. 1, p. 328, 2013.

CHENOWETH, J. et al. Household Water Security and the Human Right to Water and Sanitation. In: LANKFORD, B. et al. (Eds.). **Water Security: Principles, Perspectives and Practices**. New York: Routledge, 2013. p. 307–317.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Outorgas Concedidas e Vigentes. Outorga nº 01383/17 - CAGECE, São Gonçalo do Amarante**. Disponível em: http://outorgasvigentes.cogerh.com.br/paginaSemValidacao/outorgaVigente/outorgas_fh.xhtml. Acesso em: 20 de jun. de 2018.

_____. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Avaliação Hidrogeológica Qualitativa do Campo de Dunas Pecém/Paracuru, no Estado do Ceará**. Relatório Final. Fortaleza, 2016, 84p. Disponível em: <https://www.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/estudos-e-projetos/aguas-subterraneas/projetos.html?download=1457:avaliacao-hidrologica-qualitativa-e-quantitativa-do-campo-de-dunas-pecem-paracuru-no-estado-do-ceara>. Acesso em: 05 fev. 2018.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 1, p. 94–102, 2012.

_____; _____. Debating the concept of water security. In: LANKFORD, B. et al. (Eds.). **Water security: Principles, perspectives and practices**. New York: Routledge, 2013. p. 49–63.

_____; _____. Water security: critical analysis of emerging trends and definitions. In:

PAHL-WOSTL, C.; BHADURI, A.; GUPTA, J. (Eds.). **Handbook on Water Security**. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2016. p. 19–37.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil (2018). **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>. Acesso em: 20 mai. 2017.

FAGUNDES, M. G.; QUEIROZ FILHO, A. P. A variação de escala nas metodologias de fragilidade e vulnerabilidade na bacia hidrográfica do rio Jundiá/SP. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 3, p. 585–605, 2014.

FIERZ, M. S. M. **As abordagens sistêmica e do equilíbrio dinâmico na análise da fragilidade ambiental do litoral do estado de São Paulo: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras**. Tese (Doutorado em Geografia Física), FFLCH-Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, p. 394, 2008.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Postos Pluviométricos. Posto: Siupé (742) - Município: São Gonçalo do Amarante**. Série histórica. Disponível em: http://www.funceme.br/produtos/script/rede_monitoramento/Gmaps_pluvio/Dados_total/downloadDados.php?posto=742. Acesso em: 17 mai. 2018.

GARRICK, D.; HALL, J. W. Water Security and Society: Risks, Metrics, and Pathways. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 39, n. 1, p. 611–639, 2014.

GERLAK, A. K.; MUKHTAROV, F. “Ways of knowing” water: integrated water resources management and water security as complementary discourses. **International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics**, v. 15, n. 3, p. 257–272, 2015.

GIRÃO, R. **Os municípios cearenses e seus distritos**. Fortaleza: SUDEC, 1983. 684 p.

GREY, D.; SADOFF, C. W. Sink or Swim? Water security for growth and development. **Water Policy**, v. 9, n. 6, p. 545–571, 2007.

IBGE. **Relatório Estatístico de 1939 do município de São Gonçalo**. Fortaleza, 24 p. 1940. Disponível em: <https://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?http=1&u=biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv60427.pdf>. Acesso em: 22 de jun. de 2017.

_____. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8&uf=00>. Acesso em 30 abr. de 2017.

_____. **Censo Demográfico 2000**: características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/cento2000/default.shtm>. Acesso em 30 abr. de 2017.

_____. **Grade Estatística**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/grade_estatistica/censo_2010/. Acesso em: 26 nov. 2017.

JEPSON, W. Measuring “no-win” waterscapes: Experience-based scales and classification approaches to assess household water security in colonias on the US-Mexico border. **Geoforum**, v. 51, p. 107–120, 2014.

_____. et al. Progress in household water insecurity metrics: a cross-disciplinary approach. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 4, n. 3, p. e1214, 2017a.

_____. et al. Advancing human capabilities for water security: A relational approach. **Water Security**, v. 1, p. 46–52, 2017b.

_____; VANDEWALLE, E. Household Water Insecurity in the Global North: A Study of Rural and Periurban Settlements on the Texas–Mexico Border. **Professional Geographer**, v. 68, n. 1, p. 66–81, 2016.

KAWAKUBO, F. S., et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203 - 2210.

LAUTERT, L. F. C. **Análise morfodinâmica e das águas nas bacias costeiras dos rios Nhundiaquara e Marumbi, no litoral do Paraná**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MAGALHÃES, S. H. O.; MAIA, L. P. Caracterização morfológica a curto prazo das praias dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 36, n. 1-2, p. 77-87, 2003.

MAGINI, C.; MARTINS, A. H. O.; PITOMBEIRA, E. P. A infraestrutura portuária e suas influências na sedimentação costeira na Vila do Pecém, Ceará, Brasil. **Geociências** (São Paulo), v. 32, n. 3, p. 532-546, 2013.

MEIRELES, A. J. A.; GURGEL JÚNIOR, J. B.; GURGEL, G. A. S.; PRATA, I. J. C. Abordagem geológica-ambiental em uma área submetida a processos erosivos costeiros, na praia do Pecém - São Gonçalo do Amarante - Ceará - Brasil. IV Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, São Paulo-SP. **Anais...** v1, 1993, p. 51-52.

_____; ARRUDA, M.C; GORAYEBE, A.; THIERS, P.R.L. Integração dos indicadores geoambientais de flutuações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. **Mercator**, vol. 4, n. 8, p. 109-134, 2005.

_____; SILVA, E. V.; THIERS, P. R. L. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 20, p. 101-119, 2006.

_____. **Dinâmica geoambiental da zona costeira**. Notas de aula. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MOURA, P. et al. Caracterização das obras de captação e uso das águas subterrâneas no Complexo Industrial e Portuário do Pecém, Ceará-Brasil. **Revista de Geologia**, v. 26, n. 1, p. 61–72, 2013.

_____; SABADIA, A. J. B.; CAVALCANTE, I. N. Mapeamento de vulnerabilidade dos aquíferos dunas, barreiras e fissural na porção norte do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, Estado do Ceará. **Geociências** (São Paulo), v. 35, n. 1, p. 77-89, 2016.

MORAIS, J.O.; CARVALHO, A. M.; MAIA, L. P. Dunas da região costeira do Estado do Ceará. 38º Cong. Bras. de Geologia, Balneário de Camboriú/SC. **Anais...** v1, 1994, 404-405p.

NOGUEIRA, M. L. et al. Caracterização geoambiental e hidrogeológica da zona portuária do Pecém/CE. **Revista de Geologia**, v. 18, n. 2, p. 203-213, 2005.

NORMAN, E. et al. **Water Security: A Primer**. Vancouver. Program on Water Governance, University of British Columbia, 2010.

OLIVEIRA, R. G, et al. Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego São João-MS utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº 64/1, 2012.

OLIVEIRA FILHO, S. R.; MORAIS, J. O. ; PAULA, D. P. ; PINHEIRO, L. S. . Levantamentos Morfodinâmicos para Análise do Equilíbrio Sedimentar da Praia do Pecém, São Gonçalo do Amarante - CE, Brasil. VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte - MG. **Anais...** v1, 2008.

PINHEIRO, M. V. A. **Evolução geoambiental das dunas de transpasse do Estado do Ceará**. 2015. 152 p. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

POMPEU SOBRINHO, T. Topônimos indígenas dos séculos 16 e 17 na costa cearense. **Revista do Instituto do Ceará**. p. 156-205, 1945. Disponível em: <http://www.institutodoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/RevPorAno/1945/1945-ToponimosIndigenasSeculos16e17CostaCearense.pdf>. Acesso em: 11 jul. de 2017

RODRIGUES, M. S. C.; SOUSA FILHO, L. M. **Pecém: uma trajetória portuária**. Fortaleza: SEBRAE/CE, 198 p. 2007.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, 1992.

_____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, p. 63–74, 1994.

_____. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do**

Departamento de Geografia, p. 38–51, 2012.

_____; FIERZ, M. S. M.; AMARAL, R. Ecodinâmica à fragilidade ambiental: subsídios ao planejamento e gestão ambiental. In: LEMOS, A. I. G.; ROSS, J. L. S.; LUCHIARI, A. (Eds.). **América Latina: sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 67–83.

_____. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

SANTOS, J. O.; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental urbana. **Revista da Anpege**, v. 8, n. 10, p. 127–144, 2012.

_____. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. 188 p.

SÃO GONÇALO DO AMARANTE. **Lei Municipal N° 1222/2013, de 22 de dezembro de 2013**. Dispõe sobre o plano de saneamento do município de São Gonçalo do Amarante e dá outras providências. São Gonçalo do Amarante, CE, 2013. Disponível em: <http://saogoncalodoamarante.ce.gov.br/portal/index.php/leis-e-decretos>. Acesso em: 22 jul. 2018.

SCHWARTZ, K. et al. (In) formality: the meshwork of water service provisioning. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 2, n. 1, p. 31–36, 2015.

SESA. Secretaria da Saúde do Estado do Ceará. **Lista de águas com alvará sanitário atualizado (2018)**. Disponível em: <http://www.saude.ce.gov.br/index.php/qualidade-da-água>. Acesso em: 17 de mar. 2018.

SILVEIRA, A.; CUNHA, C. M. L. Análise empírica da fragilidade ambiental em áreas de expansão urbana: o caso do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP). **Geografia, Rio Claro**, v. 35, n. 3, p. 573–588, 2010.

SOARES, M. H. V; SANTOS, J. O. Classificação do uso e cobertura da terra da sede do distrito do Pecém – São Gonçalo do Amarante – CE. **Encontros Universitários da UFC**, v. 2, n. 1, p. 1938. 2017.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2007.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: SOUZA, M. J. N.; MORAES, J. O.; LIMA, L. C. (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Funece, 2000. p. 13-98.

_____. **Compartimentação geoambiental do Estado do Ceará**. Fortaleza: Fund. Cearense de Meteorologia e Rec. Hídricos, 52 p. 2009.

STADDON, C.; JAMES, N. **Water Security: a genealogy of emerging discourses**. In: Schneier-Madanes G, ed. *Globalized Water*. Dordrecht, The Netherlands: Springer; 2014, 261–276.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97 p.

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio verde, região Nordeste do Estado de São Paulo. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, p. 192–222, 2013.