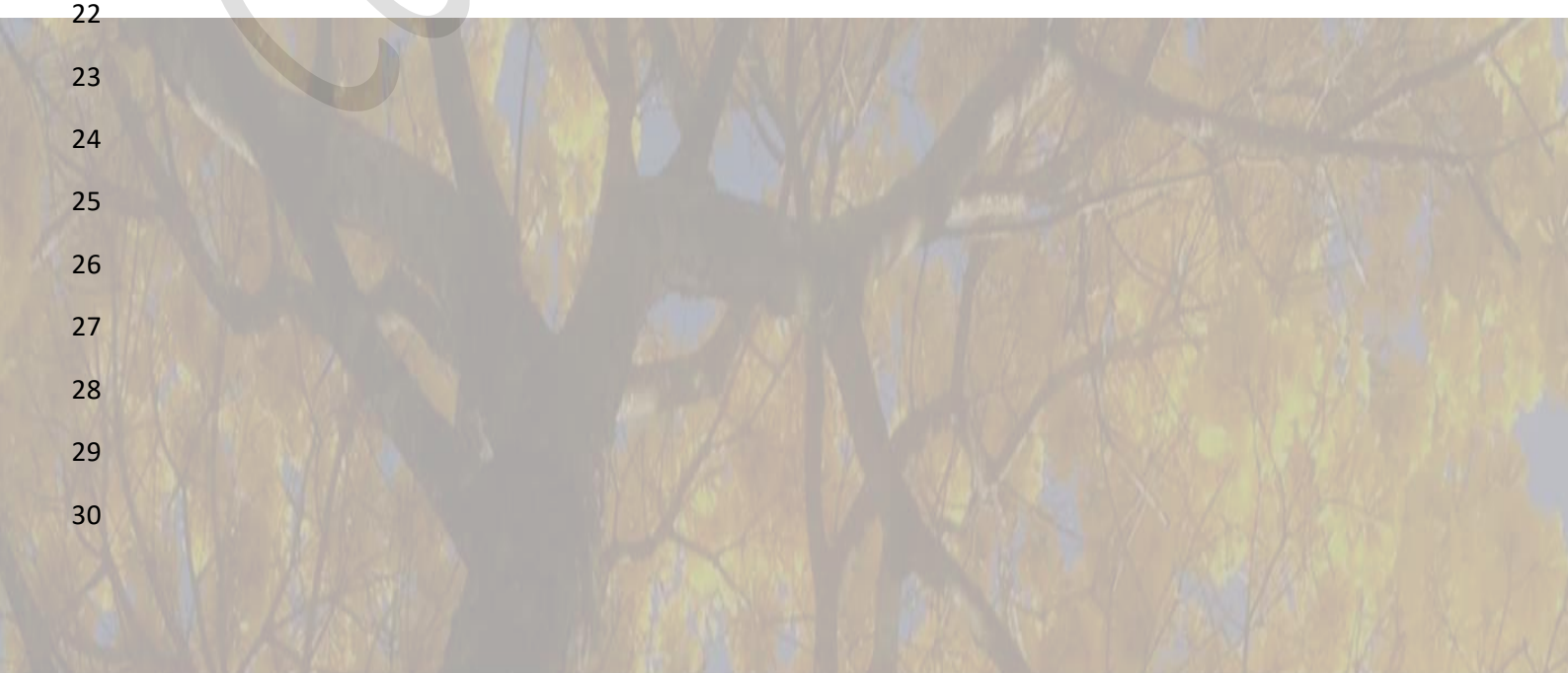
Secretaria de Estado do Meio Ambiente
do Distrito Federal

Governo do Distrito Federal

Documento para Consulta Pública

Plano de enfrentamento dos impactos adversos da mudança global do clima para reduzir as vulnerabilidades e ampliar a adaptação no Distrito Federal com foco especial nos eventos climáticos extremos referentes a recursos hídricos e extremos de temperatura.



Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal

Governo do Distrito Federal

Documento para Consulta Pública

Plano de enfrentamento dos impactos adversos da mudança global do clima para reduzir as vulnerabilidades e ampliar a adaptação no Distrito Federal com foco especial nos eventos climáticos extremos referentes a recursos hídricos e extremos de temperatura.

Consulta Pública

BRASÍLIA, JANEIRO DE 2021

Governo do Distrito Federal

Governador Ibaneis Rocha

Secretário de Estado do Meio Ambiente

José Sarney Filho

Secretária Executiva

Marília Marreco Cerqueira

Equipe técnica SEMA

Adriana Mandarino
Suzzie Valladares
Charles Almeida
Leonel Generoso
Edgar Fagundes

Coordenação Executiva
CITinova/CGEE/SEMA

Nazaré Soares
André Souza
Thiago de Araújo Mendes

Consultores Autores especialistas:

José Domingos Gonzalez Miguez
Carlos Augusto Toneli

Consulta Pública

APRESENTAÇÃO

Na última década, tivemos os nove anos mais quentes da história. Essa é uma questão global referente ao clima no planeta. No período recente, tivemos temperaturas recordes no Brasil, em muitas localidades, inclusive em Brasília. O aquecimento global é uma realidade e tampouco há mais dúvidas que ele é produzido pela ação do homem, pela emissão de gases de efeito estufa e sua concentração histórica na atmosfera.

Nesse sentido, no Governo do Distrito Federal, por meio da Secretária do Meio Ambiente-SEMA, foi elaborado o Plano de Adaptação aos Efeitos Adversos da Mudança Global do Clima para Reduzir as Vulnerabilidades e Ampliar a Adaptação no Distrito Federal. Nesse Plano são analisados alguns dos principais impactos esperados.

Simulações climáticas efetuadas a partir de modelos de circulação global da atmosfera e compiladas pelo IPCC, Painel Intergovernamental de Mudança do Clima, têm oferecido cenários mais extremos de futuro, ora com chuvas abundantes e de curta duração, ora com longos períodos secos. Nesse sentido, a variabilidade climática e a ocorrência de eventos extremos podem acarretar diferentes consequências (positivas ou negativas e em diferentes graus de intensidade), exigindo um melhor conhecimento por parte do poder público e da sociedade para que os impactos sejam minimizados.

O projeto GEF/CITinova, apoiado pela equipe do INPE/CPTEC, analisou cenários de regionalização para a região do DF e entorno, usando os dados de modelos climáticos globais e cenários de cenários de emissão de gases de efeito estufa do IPCC. Entre os principais resultados encontrados, ressaltou-se as implicações dos impactos adversos para os recursos hídricos: menos chuva durante as quatro estações do ano, aumento de dias de estiagem (menor disponibilidade de água para os reservatórios e menor disponibilidade de energia hidroelétrica) e aumento de chuvas fortes (impactos na mobilidade entre outros).

Com base nos preceitos setoriais previstos no Plano Nacional de Adaptação do MMA, de 2016, as inundações, a seca e a estiagem foram responsáveis por mais de 90% dos desastres naturais ocorridos. Nesse sentido, nossa decisão foi focar na análise dos aspectos considerados como os de maior importância para o DF, enchentes, nos principais pontos de inundação, e secas para análise dos reservatórios de abastecimento de água do DF.

Consulta Pública

Realizar tal tarefa foi um passo importante para honrar o compromisso do governo do DF com o objetivo de elaborar e aplicar ações que irão subsidiar a elaboração da estratégia de Elaboração de Inventário e Plano de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa, em desenvolvimento pela Secretaria de Meio Ambiente do DF -Sema.

Em 2012, o Distrito Federal estabeleceu a sua Política de Mudança Climática (Lei 4.797, de 06 de março de 2012), que tem o objetivo de assegurar uma contribuição no cumprimento dos propósitos da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC em inglês) e na formulação das políticas públicas – Plano de Mitigação e Plano de Adaptação, assim como aprimoramento e regulamentação dessa Lei.

Assim neste relatório, além da análise abrangente de menor disponibilidade hídricas nos reservatórios e inundações em pontos considerados críticos, resumiu-se do Plano Nacional de Adaptação os aspectos considerados relevantes para o DF que possam ajudar no estabelecimento de projetos adicionais que complementem a abordagem aqui proposta para cobrir qualitativamente os outros setores no projeto GEF/CITinova. Apesar de serem responsáveis por menores impactos, os setores que poderão ser abordados em uma segunda etapa, como Agricultura (menos chuva durante o ano, aumento de estiagem e ondas de calor), Energia (maior consumo de energia elétrica decorrentes de dias mais quentes; menor disponibilidade de energia hidroelétrica; maior radiação solar), Mobilidade (temperaturas mais altas e aumento de chuvas fortes) e Saúde (temperaturas mais altas, ondas de calor, umidade baixa), irão demandar estudos mais específicos.

Tais ações foram apoiadas com recursos internacionais do Projeto CITinova (Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis), do *Global Environment Facility* – GEF, Coordenado nacionalmente pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, executado pela Secretaria do Meio Ambiente/ do GDF, com o apoio do PNUMA e CGEE.

José Sarney Filho

Secretário do Meio Ambiente

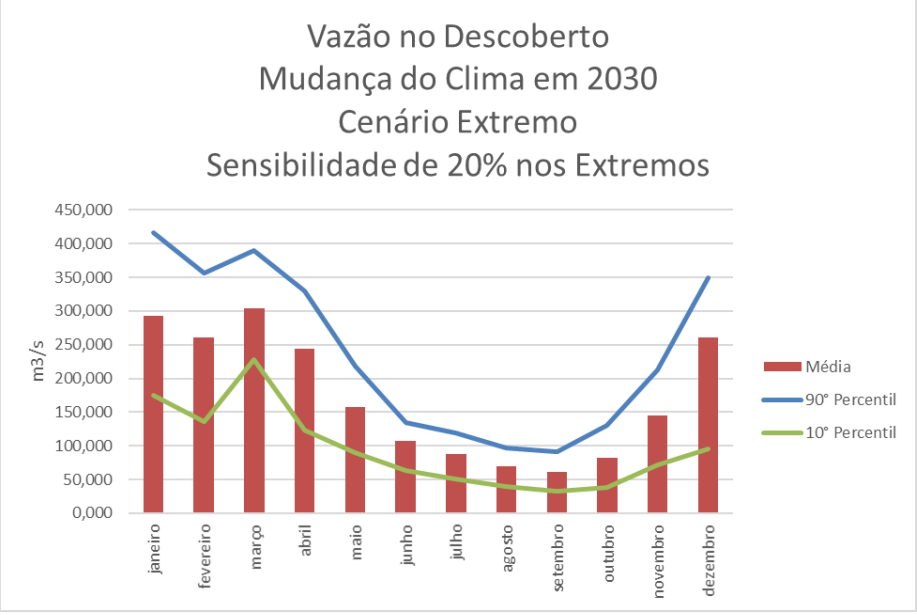
Consulta Pública

SUMARIO EXECUTIVO

A mudança global do clima é, sem dúvida, um dos principais desafios de atuais da humanidade. As alterações nos padrões climáticos geram consequências que afetam diretamente os sistemas naturais e humanos (IPCC, 2013). Para melhor planejar o futuro é fundamental compreender os impactos adversos associados a tais mudanças nas dinâmicas dos recursos hídricos, produtividade da agricultura, energia, mobilidade urbana, populações vulneráveis, entre outras áreas.

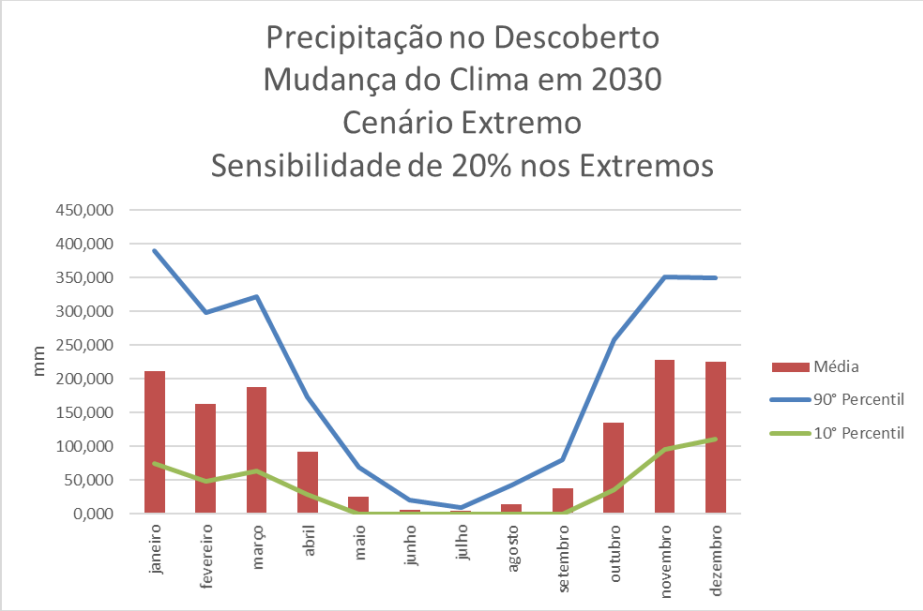
Simulações climáticas efetuadas a partir de modelos de circulação global da atmosfera têm oferecido cenários mais extremos de futuro, ora com chuvas abundantes e de curta duração, ora com longos períodos secos (IPCC, 2012). Nesse sentido, anomalias na variabilidade climática e na ocorrência de eventos extremos podem acarretar diferentes consequências (positivas ou negativas e em diferentes graus de intensidade), exigindo um melhor conhecimento por parte do poder público e da sociedade para que os impactos sejam minimizados.

Neste trabalho foram analisados alguns dos principais impactos esperados para o território do Distrito Federal. As figuras a seguir apresentam os impactos adversos projetados para o ano de 2030 para a principal área que abastece a maior parte da população do DF – Rio Descoberto. Considerou-se um incremento de 20% na ocorrência dos eventos climáticos extremos (representados pelos limites 90% superiores e 10% inferiores) sobre a média histórica.



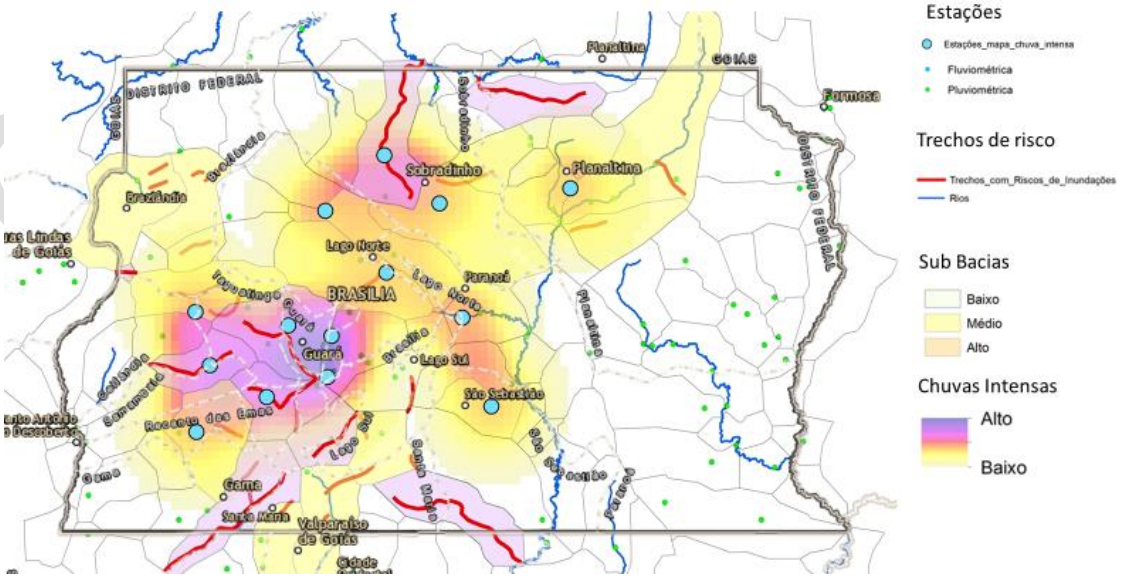
Cenário Extremo – Vazão Descoberto – 2030

Consulta Pública



Cenário Extremo – Precipitação Descoberto - 2030
Fonte: Elaboração própria

A partir daí, desenvolveu-se o mapeamento de vulnerabilidade do território do DF, sobrepondo séries de camadas de dados, utilizando técnicas de sistema de informações geográficas. A figura, a seguir, apresenta as áreas mais vulneráveis, classificando em níveis de risco, tratando especialmente de eventos climáticos extremos referentes a recursos hídricos e extremos de temperatura.



Mapeamento de vulnerabilidade, integrando as classificações anteriores com indicação de localização das Regiões administrativas do DF.
Fonte: Elaboração própria.

Sugere-se que, para redução de vulnerabilidade e ampliação de resiliência dos locais identificados, sejam feitas intervenções sequenciadas à medida que os recursos estejam disponíveis:

a) no curto prazo operacionalização de um sistema de alertas precoces. Este modelo aplicaria o monitoramento das ocorrências de eventos climáticos extremos com um diagnóstico detalhado da população que eventualmente poderia ser afetada considerando o modelo de escoamento superficial, considerando a sensibilidade da infraestrutura urbana de drenagem dos pontos identificados.

b) estabelecimento de 7 pilotos de captação e armazenamento de águas nas áreas prioritárias, inspirados no modelo realizado em Barcelona (Espanha) do Parque Güell[1], projetado pelo arquiteto Antoni Gaudí[2]. Para melhor detalhar a dinâmica do escopo de tal proposta, foi elaborado o **Anexo I** deste produto. Ressalta-se que, a função de tal proposta, contudo, vai além da mudança de infraestrutura e dos aspectos hídricos, uma vez que o Parque Güell é um dos Parques com maior número de visitantes de Barcelona. Da mesma forma, ressalta-se, que a proposta considera que, a criação de parques com o mesmo intuito no DF, deveria ser adaptada à realidade arquitetônica e do bioma da capital brasileira, em outras palavras, o ideal é que as estruturas de captação e armazenamento de água sigam o padrão de gestão de paisagens, considerando as espécies do cerrado e as colunas típicas da arquitetura modernista de Brasília;

c) ampliação gradual da operacionalização da lógica de parques resilientes para serem implantados tanto nas localidades de maiores riscos encontradas no DF, como nas regiões com linhas vermelhas da figura acima. Complementarmente, para adaptação nas áreas críticas de inundações que perpassem áreas verdes, como por exemplo, nas quadras urbanas do plano piloto, sugere-se que seja analisada a possibilidade de construções de grandes reservatórios (piscinões) sob as áreas verdes dessas quadras, de modo a canalizar, desviar e direcionar o grande fluxo de água em chuvas torrenciais para armazenamento nesses reservatórios e evitar as situações como mostradas na capa deste plano de enxurrada nas tesourinhas.

[1] Eusebi Güell i Bacigalupi, conde de Güell (Barcelona, 1846— Barcelona,8 de julho de 1918) foi um industrial e político catalão.

[2] Antoni Gaudí i Cornet (Reus ou Riudoms, 25 de junho de 1852—Barcelona,10 de junho de 1926) foi um famoso arquiteto espanhol e figura de ponta do Modernismo catalão. As obras de Gaudí revelam um estilo único e individual e estão em sua maioria na cidade de Barcelona.

Consulta Pública

O projeto GEF/CITinova, apoiado pela equipe do INPE/CPTEC, analisou cenários de regionalização ('downscaling') para a região do DF e entorno, usando os dados de quatro modelos climáticos globais (MIROC5, HadGEM2-ES, CanESM2 e BESM), utilizando Modelo Eta do INPE e dois cenários de cenários de emissão de gases de efeito estufa do IPCC, RCP 4.5 e RCP 8.5. Entre os principais resultados encontrados, ressaltou-se as implicações dos impactos adversos para os seguintes setores, além dos recursos hídricos (menor disponibilidade de água para os reservatórios):

- Agricultura: menos chuva durante as quatro estações do ano, aumento de dias de estiagem e ondas de calor;
- Energia: maior consumo de energia elétrica – dias mais quentes; menor disponibilidade de energia hidroelétrica; maior disponibilidade de radiação solar para energia solar;
- Mobilidade: temperaturas mais altas e aumento de chuvas fortes
- Saúde: temperaturas mais altas, ondas de calor, umidade baixa

Tratou-se os setores supracitados com base nos preceitos setoriais previstos no Plano Nacional de Adaptação (MMA, Brasília 2016). Nele aponta-se que no Brasil, as inundações, a seca e a estiagem foram responsáveis por mais de 90% dos desastres naturais ocorridos. Nesse sentido, justifica-se a decisão de neste projeto de focar na análise desses dois aspectos para o DF, enchentes, nos principais pontos de inundação, e secas para análise dos reservatórios de abastecimento de água do DF, apesar de serem apenas dois aspectos dos cinco setores abordados no projeto anterior: recursos hídricos (menor disponibilidade de água nos reservatórios) e mobilidade (aumento de chuvas fortes) porém, considerados neste projeto, como os de maior importância para o DF.

Para ser abrangente e cobrir qualitativamente os outros setores apontados e seus aspectos relevantes, resumiu-se do Plano Nacional de Adaptação os aspectos considerados relevantes para o DF que possam ajudar no estabelecimento de abordagens e projetos adicionais que complementem a abordagem aqui proposta para os outros setores considerados relevantes no projeto GEF/CITinova.

Consulta Pública

215 LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01. Recorte de análise do gerenciamento de risco climático 14
FIGURA 02. Dinâmica de risco – Relação entre Clima e Desenvolvimento 15
FIGURA 03. Diagrama de Vulnerabilidade 16
FIGURA 04. Projeções de anomalias de temperatura 18
FIGURA 05. Projeções de anomalias de precipitação 19
FIGURA 06. Cobertura Vegetação do Distrito Federal 21
FIGURA 07. Bacias Hidrográficas do Distrito Federal e Ride 22
FIGURA 08. Bacias Hidrográficas do Distrito Federal 23
FIGURA 09. Distribuição de lagos e barragem no Distrito Federal 25
FIGURA 10. Combinação do modelo de elevação e distribuição de lagos 25
FIGURA 11. Combinação da distribuição Isoietas 27
FIGURA 12. Vazão histórica dos principais cursos d'água e rios do DF 28
FIGURA 13. Distribuição de chuvas (1971-2019) na bacia do Descoberto DF 29
FIGURA 14. Vazão mensal caracterizados em quartis da Represa do Descoberto (m3/s). Últimos 50 anos 30
FIGURA 15. *Boxplot* com a mediana, variação mensal da Represa do Descoberto (m3/s). Últimos 50 anos 31
FIGURA 16. Ocorrência de chuvas mensal caracterizados em quartis da Represa 32
FIGURA.17. *Boxplot* com mediana, variação vazão mensal da Represa do Descoberto 32
FIGURA 18. Resultados comparados entre distintos modelos da mudança na temperatura média anual (2011-2040) 34
FIGURA 19. Resultados comparados entre distintos modelos da mudança na precipitação média anual (2011-2040) 35
FIGURA 20. Distribuição de frequência sobre extremos climáticos 36
FIGURA 21. Vazão no Descoberto – Cenário Moderado 39
FIGURA 22. Precipitação no Descoberto – Cenário Moderado - 39
FIGURA23. Vazão no Descoberto – Cenário Extremo 39
FIGURA24. Precipitação no Descoberto – Cenário Extremo 39
FIGURA 25. Comparação das precipitações na média histórica em relação ao cenário extremo & moderado 40
FIGURA 26. Comparação da Vazão na média histórica em relação ao cenário extremo & moderado 40
FIGURA27. Precipitação histórica no Descoberto em relação à média histórica, às máximas e mínimas (1971-2019) 41
FIGURA 28. Vazão histórica no Descoberto em relação à média histórica, às máximas e mínimas (1971-2019) 41
FIGURA 29. Crescimento da população e consumo da água no DF 2000-2016 43
FIGURA 30. Crescimento da população e consumo de água em 2016 com Projeção 2030 44
FIGURA 31. Reservatórios do Distrito Federal 45
FIGURA 32. Mapeamento dos padrões trechos com risco a alagamentos 47
FIGURA 33. Sobreposição dos trechos com risco a alagamento com os tipos de uso do solo 48
FIGURA 34. Mapa de calor para apresentação de locais com chuvas intensas com a sobreposição de risco por sub bacias 50

Consulta Pública

FIGURA 35. Mapa de calor integrando os usos dos solos com locais com chuvas intensas com a sobreposição de classificação de risco por sub bacias 41
FIGURA 36. Mapeamento de vulnerabilidade integrando classificações e regiões administrativas do Distrito Federal 53
FIGURA 37. Mapa com a localização geográfica Ribeirão Extrema e Alto do Jardim 54
FIGURA 38. Acordo de Alocação negociada UH Ribeirão Extremo 55
FIGURA 39. Acordo de Alocação negociada UH Alto do Jardim 56
FIGURA 40. Dados pelas Estações de Ribeirão Extremo e Jardim DF -100 57
FIGURA 41. Carta Florestal do DF -ênfase Lago projetado do Rio São Bartolomeu 59
FIGURA 42. Proposta de eventuais novos locais para operação de novos lagos 61
FIGURA 43. Áreas de risco de enchentes no DF 2017 62
FIGURA 44. Dados de Estações pluviométricas nas regiões com enchentes frequentes no DF. 64
FIGURA 45 Análise de *Boxplot* para chuva na estação Sobradinho II 65
FIGURA 46 Análise de *Boxplot* para chuva na estação Riacho Fundo 66
FIGURA 47 Análise de *Boxplot* para chuva na estação Itapoã 66
FIGURA 48 Análise de *Boxplot* para chuva na estação Planaltina 67
FIGURA 49 Análise de *Boxplot* para chuva na estação Ceilândia 67
FIGURA 50 Análise de *Boxplot* para chuva na estação Santa Maria 68
FIGURA 51 Análise de *Boxplot* para chuva na estação Noroeste/Varjão 68
FIGURA 52 Fluxo de Potência eólica anual 83
FIGURA 53. Radiação solar global – média anual 84
FIGURA 54. Operação de linhas de transmissão de energia elétrica 85
FIGURA 55. Variação mensal para fontes renováveis 89

216

217

Consulta Pública

218 **SUMÁRIO**

APRESENTAÇÃO 04
SUMÁRIO EXECUTIVO 06
LISTA DE FIGURAS 10
CONTEXTUALIZAÇÃO 13
1. PLANO DE ENFRENTAMENTO DOS IMPACTOS ADVERSOS 20
1.1. IMPACTOS/EXPOSIÇÃO 20
1.2. ANÁLISE DE VULNERABILIDADE 2030 37
2. ESTRATEGIAS SETORIAIS PARA O ENFRENTAMENTO A VULNERABILIDADE 42
2.1. ESTRATÉGIAS DE RECURSOS HÍDRICOS 42
2.2. SUGESTÕES DE AÇÕES DE REDUÇÃO DE VULNERABILIDADE 54
3. SUGESTÃO DE TRATAMENTO PRELIMINAR DE SETORES NÃO ABORDADOS 71
3.1. SETOR AGRICULTURA 73
3.2. MOBILIDADE URBANA 77
3.3. SETOR ENERGIA 82
3.4. SETOR DE SAÚDE 91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 95
ANEXO I – PARQUE GUELL - BARCELONA 96
ANEXO II – ESTUDO CARTOGRÁFICO GEOTECNICO APLICADO AOS RISCOS DE ALAGAMENTO E INUNDAÇÕES NA BACIA SÃO BARTOLOMEU 112

219

220

221

222

223

224

Consulta Pública

CONTEXTUALIZAÇÃO

A Política Nacional sobre Mudança do Clima- PNMC (Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009), traz o amparo legal para a elaboração do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - PNA. Em seu artigo 4º, inciso V, a PNMC estabelece a necessidade de implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima por parte das três esferas da Federação. O PNA deve somar-se às iniciativas e aos avanços de mitigação dos impactos da mudança do clima, a fim de orientar a implementação de medidas adaptativas para os diversos setores e temáticas no território brasileiro. Sendo dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotarem as medidas necessárias para redução dos riscos de desastres.

A Contribuição Nacionalmente Determinada junto ao Acordo de Paris (em inglês NDC – *Nationally Determined Contribution*) possui uma seção específica dedicada a adaptação, donde considera a questão como "um elemento fundamental do esforço global para enfrentar a mudança do clima e seus efeitos. A implementação de políticas e medidas de adaptação à mudança do clima contribui para a construção de resiliência de populações, ecossistemas, infraestrutura e sistemas de produção, ao reduzir vulnerabilidades ou prover serviços ecossistêmicos". Um dos resultados esperados da NDC nesta área foi exatamente a elaboração do PNA, que continha o objetivo de "implementar um sistema de gestão de conhecimento, promover pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para adaptação, desenvolver processos e ferramentas em apoio a ações e estratégias de adaptação, em diferentes níveis de governo".

A adaptação ganha relevância na medida em que evidências indicam a ocorrência de impactos associados à mudança do clima, que podem influenciar de forma negativa, os sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura, a exemplo dos recursos hídricos, agricultura, energia, mobilidade urbana, populações vulneráveis e a gestão de riscos aos desastres naturais. Da mesma forma, o debate sobre a necessidade de preparar ações de adaptação tendem a ser mais relevantes à medida que as ações de mitigação das causas da mudança do clima continuem a ser globalmente insuficientes para barrar a subida da temperatura média global da superfície do planeta.

Entretanto, para promover ações de adaptação à mudança do clima, é importante observar que o planejamento das mesmas precisa estar alinhado as noções de vulnerabilidade, impacto adverso, sensibilidade, capacidade adaptativa e gestão de risco/incertezas. A partir da identificação

Consulta Pública

das vulnerabilidades de uma determinada atividade, operação ou empreendimento em relação às variações climáticas históricas e atuais, pode-se, em um prazo coerente com os modelos de gestão, tomar decisões e construir estratégias sensíveis à variabilidade natural do clima e, consequentemente, contribuir para os processos de adaptação das cidades às mudanças futuras do clima.

O método é aplicado em sistemas de gerenciamento de risco para enfrentar a variabilidade climática atual e, ao mesmo tempo, assegurar uma margem de ação que viabilize o desenvolvimento de processos de adaptação à mudança do clima. Dessa forma, o recorte de análise da metodologia de gerenciamento de risco climático está na interseção dos processos de adaptação à mudança do clima e da abordagem de redução do risco de desastres. Como ilustrado na figura 1, enquanto a adaptação à mudança do clima lida com ajuste de longo prazo, a abordagem de redução de riscos de desastres tem foco na análise dos perigos geofísicos.

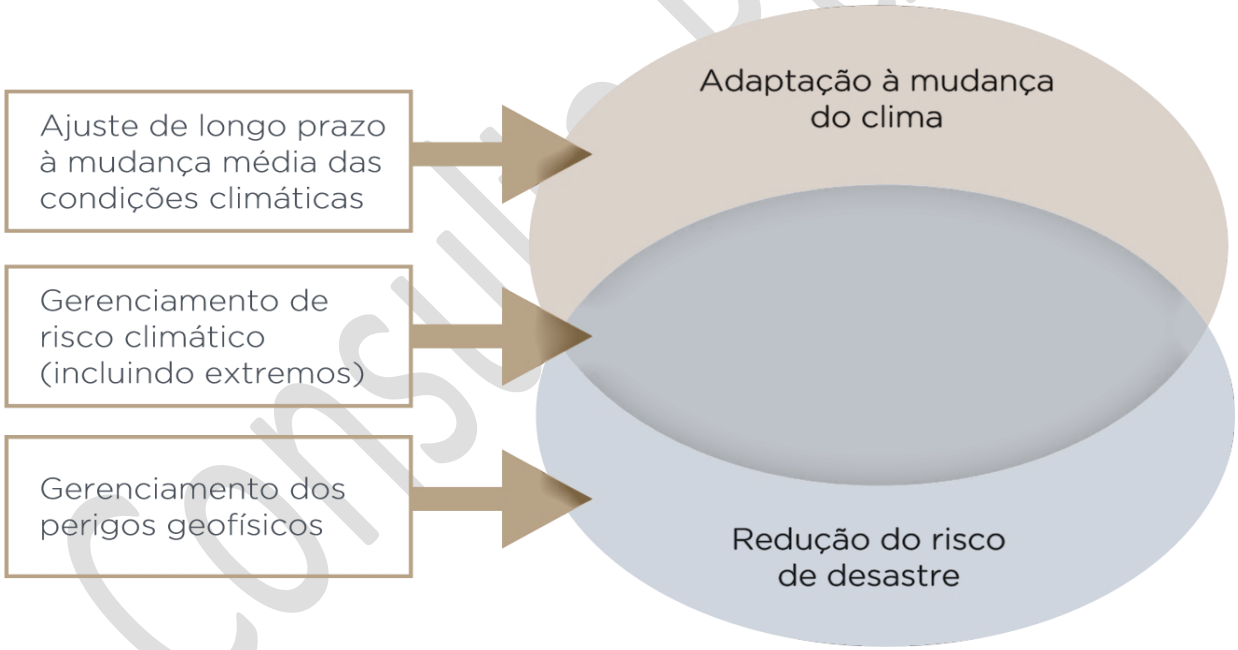


Figura 1 - Recorte de análise do gerenciamento de risco climático.
Fonte: Adaptado de MITCHELL, 2008.

Consulta Pública

Assim, o método de gerenciamento de risco climático[3] compreende dois elementos essenciais na formulação de risco: a probabilidade de ocorrência de uma determinada ameaça (perigo) e o grau de suscetibilidade do elemento expostos à referida fonte (vulnerabilidade). O IPCC (2007) define o risco como uma função de probabilidade e consequências de um evento, sendo possível combinar esses dois fatores de várias formas. Desse modo, compreende-se que pode ocorrer mais do que um evento; as consequências podem variar positiva ou negativamente e o risco pode ser medido qualitativa ou quantitativamente.

Entretanto, as condições de tratamento dos riscos[4] estão em um campo de interseção entre a dimensão de clima (conjunto associado à variabilidade natural e mudança do clima antrópica) e a dimensão de desenvolvimento, que compreende as condições de gerenciamento de riscos e das ações de adaptação à mudança climática. A figura 2 apresenta de maneira esquemática essa relação.

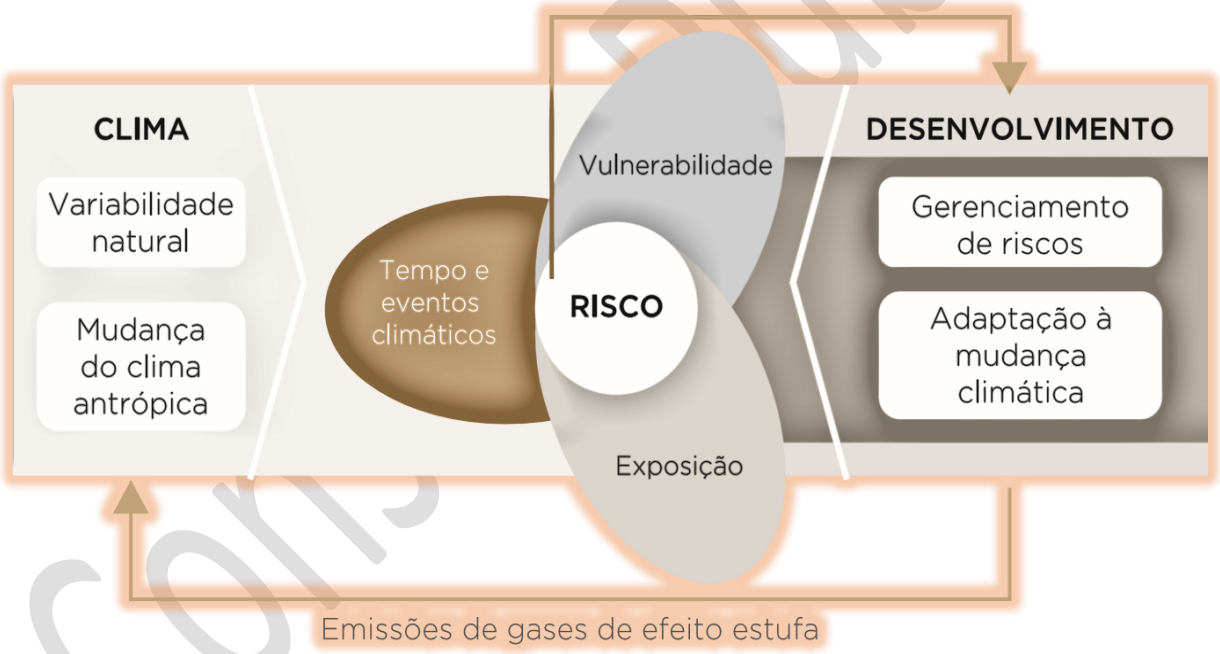


Figura 2 - Dinâmica de Risco – Relação entre Clima e Desenvolvimento.
Fonte: Elaborado a partir de IPCC (2012).

[3] Gerenciamento de risco é definido como a cultura, processo ou estrutura direcionada para materializar potenciais oportunidades, gerindo ao mesmo tempo efeitos adversos. Por conseguinte, a adaptação à mudança do clima, bem como, o gerenciamento de risco climático, tornam-se questões de desenvolvimento, ou seja, não podem ser considerados apenas de cunho ambiental.

[4] A redução do risco de desastres é o amplo desenvolvimento e aplicação de políticas, estratégias e práticas para minimizar as vulnerabilidades e riscos de desastres na sociedade, por meio de prevenção, mitigação e prontidão.

Consulta Pública

Contudo, nos processos associados ao gerenciamento de desastres, os riscos sempre estão associados às probabilidades de ocorrências de consequências negativas, perdas e danos (ex. interrupção de atividade econômica ou óbitos) resultantes de interações entre os perigos naturais ou humanos induzidos e condições vulneráveis. O esforço de reduzir a vulnerabilidade é o principal elemento comum entre as abordagens de adaptação à mudança do clima e o gerenciamento de risco, tornando-se base estruturante para a definição de estratégias e orientação de ações para instituições públicas e privadas.

No contexto da adaptação[5] à mudança climática, diferentes definições e conceitos de vulnerabilidade foram desenvolvidos e discutidos. Uma das definições mais relevantes é a do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (2007) que descreve a vulnerabilidade como função da exposição ao impacto, sensibilidade e capacidade adaptativa, como ilustra a figura 3.

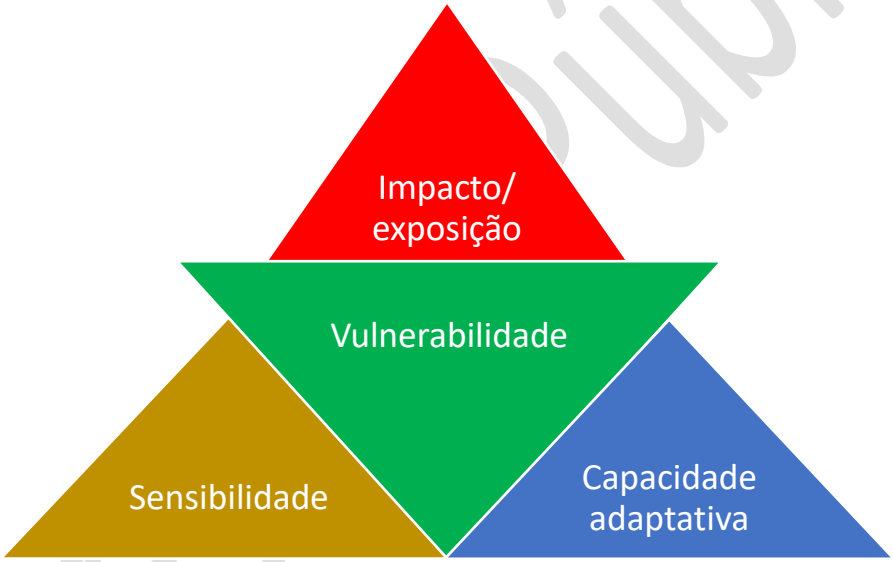


Figura 3 - Diagrama da Vulnerabilidade.
Fonte: Adaptado de IPCC, 2007.

O conceito de impacto, por sua vez, adotado neste produto está vinculado aos efeitos da mudança do clima nos sistemas humanos e naturais. Já o conceito de efeitos adversos da mudança do clima adotado está associado à mudança no meio físico ou biota resultantes da mudança do clima que tenham efeitos deletérios significativos sobre a composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais e manejados, sobre o funcionamento de sistemas socioeconômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humanos.

[5] Adaptação à mudança do clima é um ajuste nos sistemas naturais ou humanos em resposta a estímulos climáticos reais ou esperados ou aos seus efeitos que reduz danos, evita perdas ou explora oportunidades de benefícios frente às mudanças.

Nesse sentindo, ações precisam ser planejadas para responder a exposição atual aos eventos climáticos, que já estão ocorrendo e, ao mesmo tempo, avaliar, compreender e se preparar para lidar com a exposição futura, sendo possível esse planejamento através do uso de tecnologias e ferramentas, como a construção de cenários e a utilização de modelos climáticos. Ainda que nenhum modelo numérico possa simular com exatidão um evento climático futuro, é importante considerar os efeitos das incertezas (emissões, variabilidade natural do clima e incertezas da modelagem). Uma forma de fazer isso é elaborar ou utilizar conjuntos de simulações de modelos em diferentes cenários de emissões, preferencialmente aqueles que levam a diferentes aumentos projetados na temperatura média global, por meio dos quais os efeitos de diferentes fontes de incerteza possam ser analisados.

> "As projeções de cenários para mudança do clima para o século XXI foram derivadas dos vários modelos do clima global utilizados pelo IPCC. O fato de modelos globais do clima utilizarem diferentes representações físicas de processos, em uma grade de resolução relativamente baixa, introduz um certo grau de incerteza nesses cenários futuros da mudança do clima. Essa incerteza é extremamente significativa na avaliação da vulnerabilidade e dos impactos da mudança do clima, bem como na implementação de medidas de adaptação" (Brasil, 2010, p. 414).

Os modelos climáticos e as projeções elaboradas pela maior parte dos estudos sobre adaptação à mudança do clima no Brasil aplicam suas análises com base em resultados para o final do século (2071-2099). Da mesma forma, os níveis de incerteza tendem a ser muito grandes quando são comparados os resultados dos diferentes modelos globais, havendo convergências somente em termos do aumento da temperatura global.

A figura 4 apresenta as anomalias projetadas para o aumento de temperatura para fins do século na América do Sul. Observe que apesar das divergências sobre o grau de variação da temperatura, os 15 modelos estabelecem que, no mínimo, haverá um aumento de 2°C em toda a América do Sul. Por outro lado, não há a mesma convergência em relação aos resultados sobre a mudança nos padrões hidrológicos. E, na figura 5, estão apresentados os resultados em relação às anomalias de precipitação média por dia, que podem variar em mais de 100% para a mesma região quando comparados os diferentes modelos globais reconhecidos pelo IPCC. Alguns modelos consideram que a região do nordeste brasileiro, por exemplo, terá uma queda pluviométrica de até 3 mm/dia, enquanto outros modelos apontam para uma ampliação das chuvas em até 3 mm/dia para o período 2071-2099.

Consulta Pública

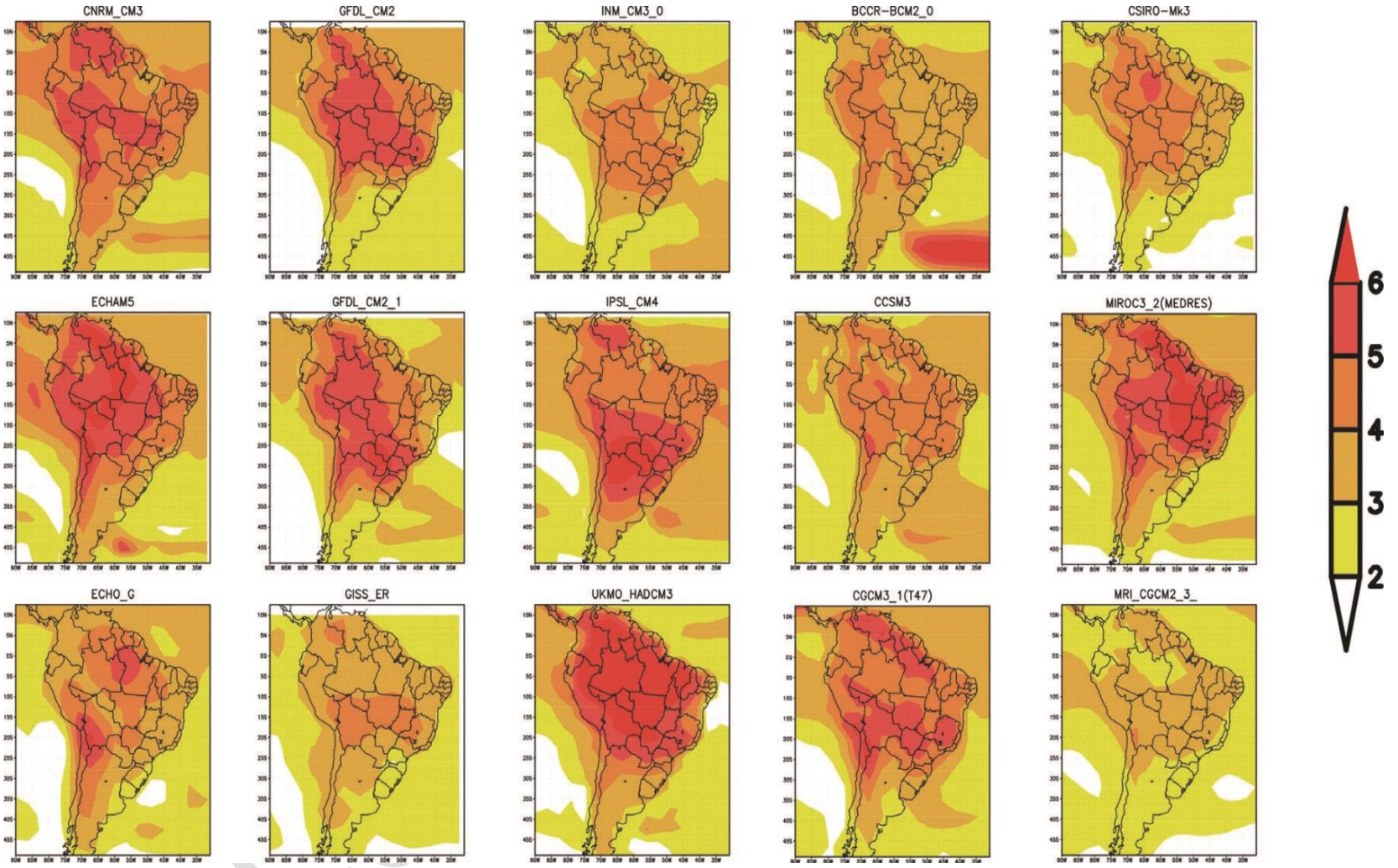


Figura 4 - Projeções de anomalias de temperatura (°C) para a América do Sul para o período de 2071-2099 (Cenário A2) em relação ao período base de 1961-1990 para 15 diferentes modelos climáticos globais reconhecidos pelo IPCC.

Fonte: NOBRE et al., 2008 apud BRASIL, 2010.

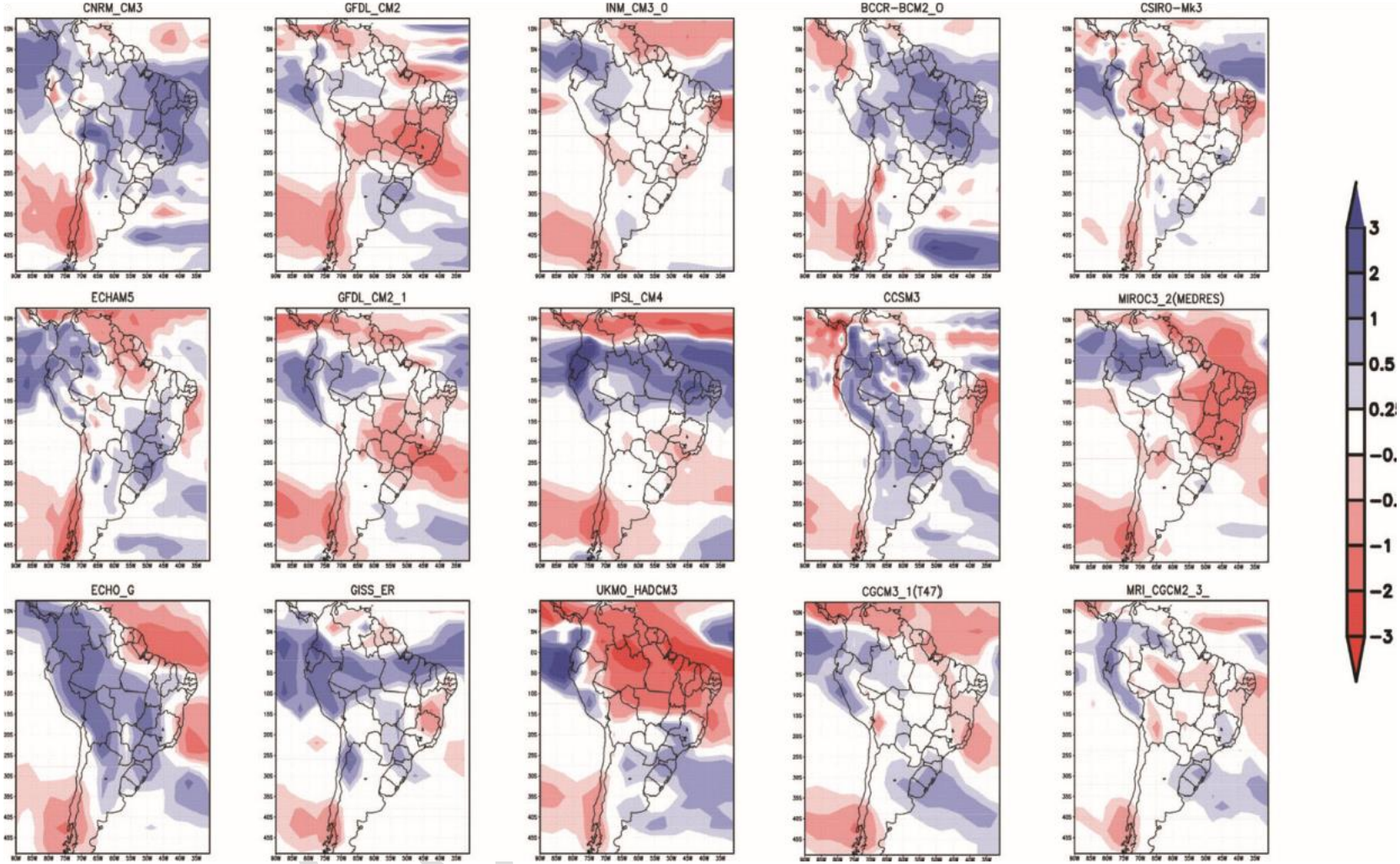


Figura 5 - Projeções de anomalias de precipitação (mm/dia) para a América do Sul para o período de 2071- 2099 (Cenário A2) em relação ao período base de 1961-1990 para 15 diferentes modelos climáticos globais reconhecidos pelo IPCC.
Fonte: NOBRE et al., 2008 apud BRASIL, 2010.

Atualmente, as escalas temporais adotadas pelos modelos que apresentam os impactos da mudança do clima e as condições de prazo para tomada de decisão na política pública são bastante distintas. Desse modo, os gestores públicos e especialistas - que devem apresentar resultados à sociedade - terão grandes dificuldades em internalizar as projeções para finais de século (com alta incerteza) da mudança do clima como base para seu planejamento de gestão. É nesse contexto que se aplicou um método de gerenciamento de risco climático híbrido, uma metodologia que constrói sua análise de impactos a partir das condições da variabilidade climática histórica e atual.

Nessa perspectiva, a magnitude e a frequência de eventos de risco potencial devem ser consideradas na análise de vulnerabilidade dos setores em relação à mudança de clima. Para a realização dos processos de análise de vulnerabilidade compreende-se que é necessário apresentar a caracterização do Distrito Federal com base no *downscaling* do modelo global realizado pela equipe do INPE, assim como diversas camadas de dados.

1. PLANO DE ENFRENTAMENTO DOS IMPACTOS ADVERSOS

1.1. IMPACTOS/ EXPOSIÇÃO

O Distrito Federal está localizado na Região Centro-Oeste do Brasil, e compreende uma área de cerca de 5.800km², onde residem cerca de 3 milhões de habitantes (IBGE, 2020). A maior parte do território está coberta com áreas de pastagens e agrícolas, abrigando o cerrado como vegetação predominante, constituído por planaltos, planícies e várzeas, como pode ser verificado na figura 6 a seguir.

Consulta Pública

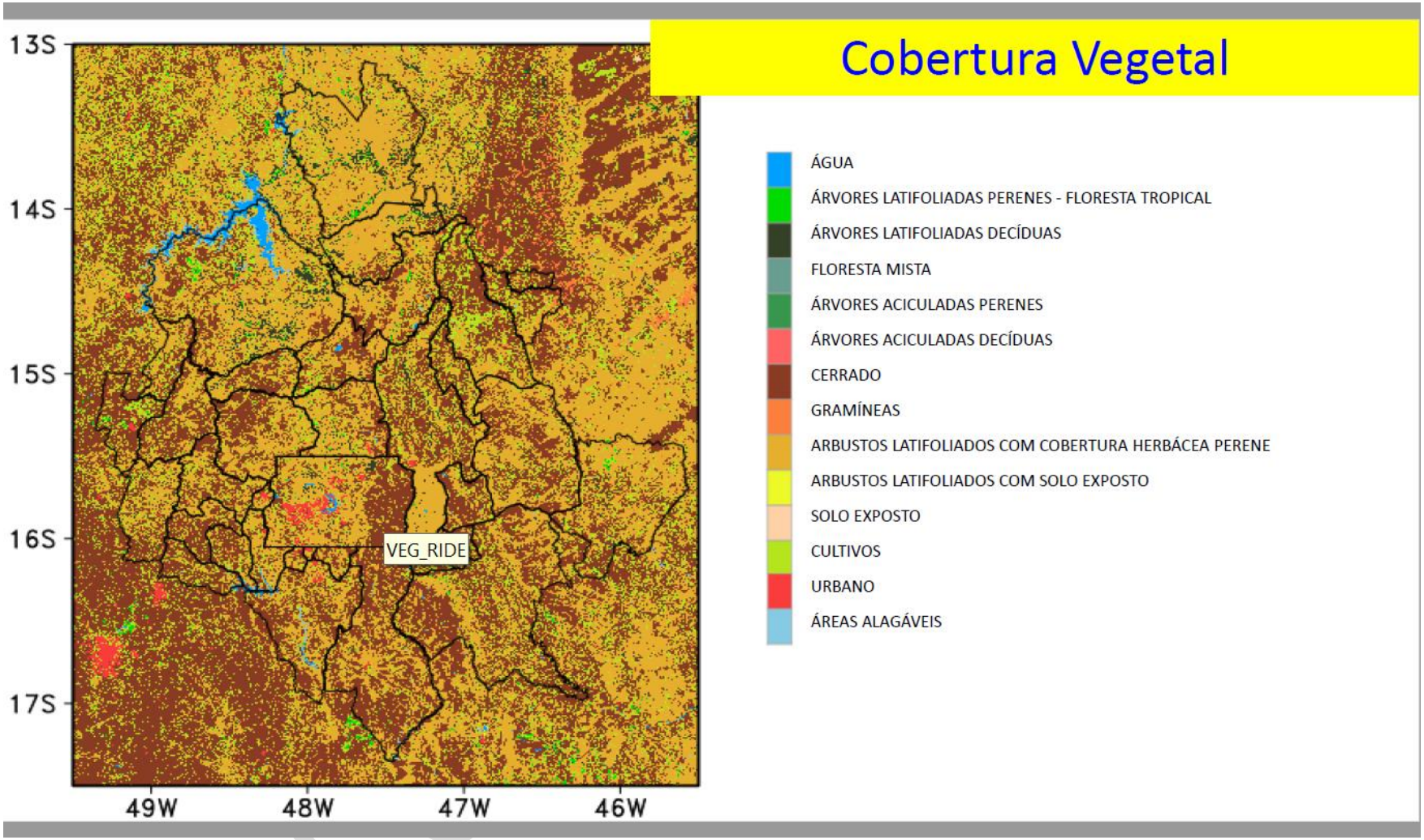


Figura 6: Cobertura Vegetal do DF e RIDE

Fonte: Cavalcanti, Iracema; Chan, Chou et al. Estudos de projeções de clima para a região integrada de desenvolvimento do DF e entorno – RIDE, 2019.

A região é drenada por afluentes que pertencem às mais importantes bacias hidrográficas do Brasil: a bacia do Tocantins, Araguaia; bacia do São Francisco e bacia do Paraná. Dessas bacias, formam as bacias hidrográficas regionais: Rio Corumbá, Rio Maranhão, Rio Paranoá, Rio Preto, Rio São Marcos, Rio Urucuia, Rio São Bartolomeu e Rio Descoberto (Figura 7).

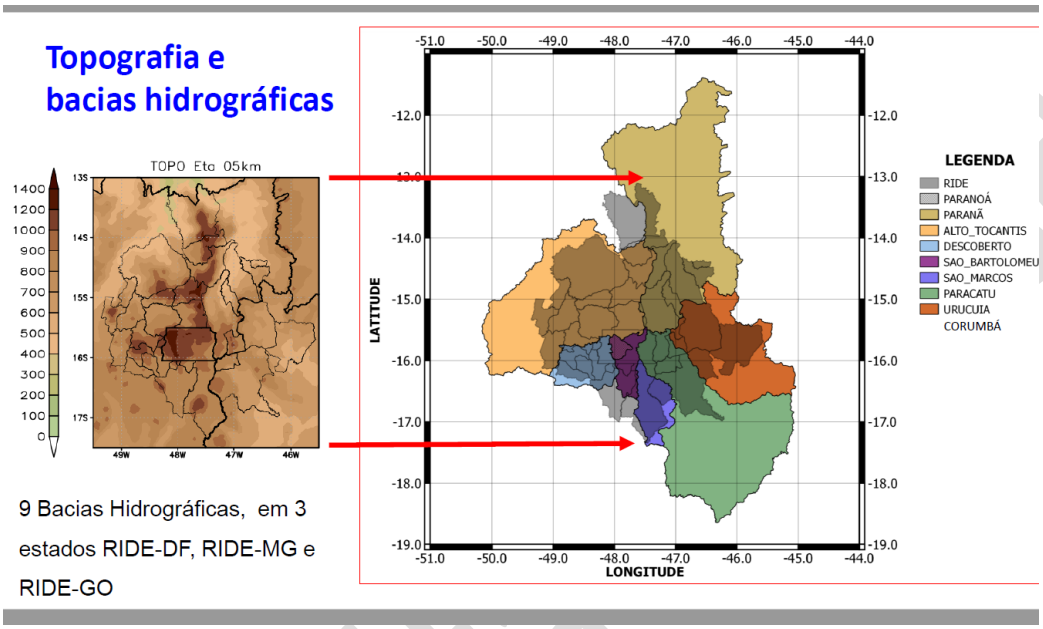
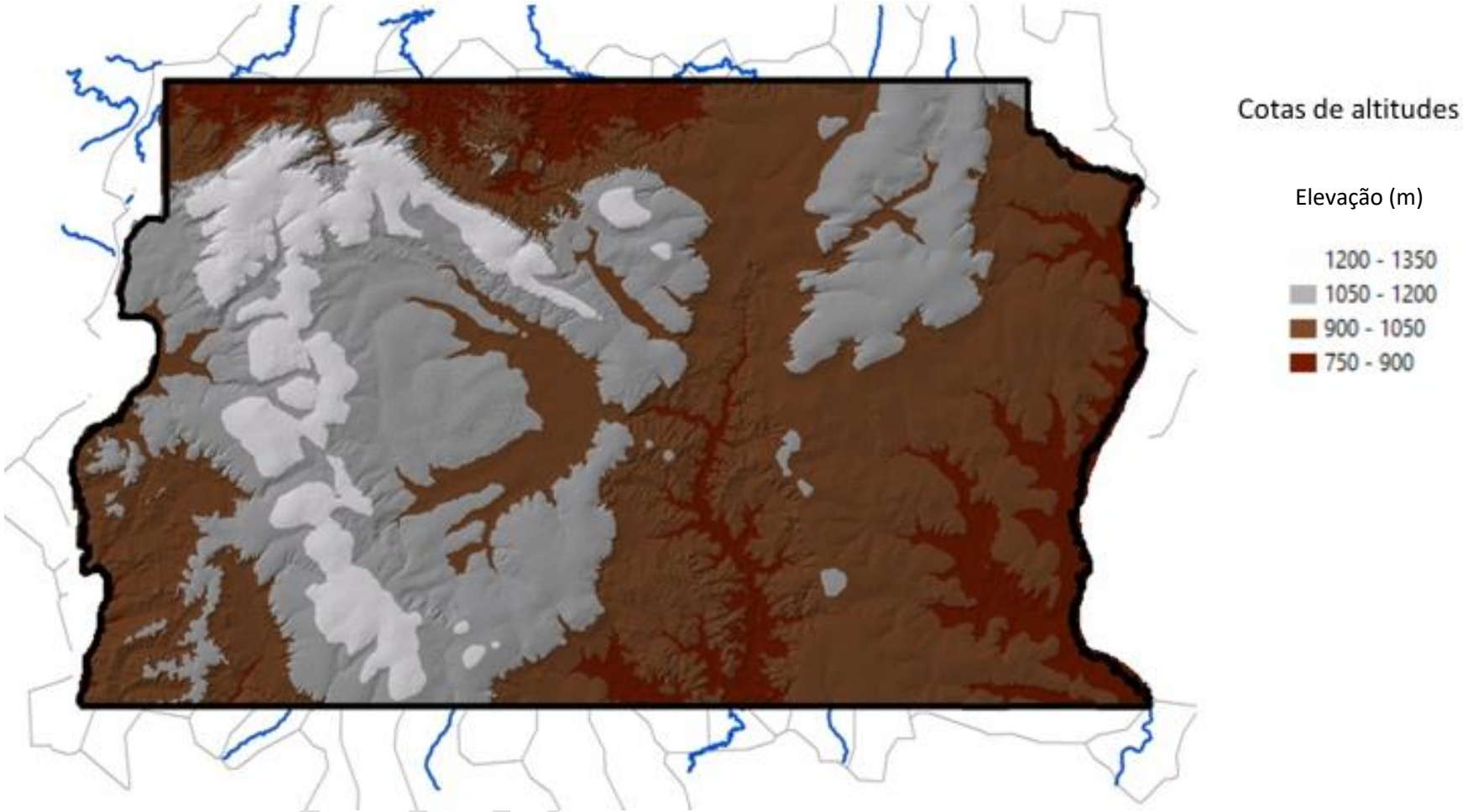


Figura 7: Bacias Hidrográficas do DF e Ride
Fonte: Cavalcanti, Iracema; Chan, Chou et al. Estudos de projeções de clima para a região integrada de desenvolvimento do DF e entorno – RIDE, 2019.

O Rio Descoberto, pertencente a região hidrográfica do Rio Paraná, localizado na porção oeste do Distrito Federal abriga a maior parte da área urbana, atendendo grande parte das Regiões Administrativas (RA) e da população. Entretanto, a bacia com a maior extensão na região do DF é a do Rio São Bartolomeu que, também, abriga algumas Regiões Administrativas expressivas, no sentido norte-sul (DINIZ, 2019). Ainda assim, o DF não está situado a vazante de nenhum corpo hídrico de grandes dimensões. E grande parte dos recursos hídricos de que a região possui para uso são procedentes da pluviosidade. Essas precipitações são, então, interceptadas e armazenadas no território por meio de estruturas antrópicas ou no ambiente, seja em corpos hídricos superficiais ou aquíferos subterrâneos. O território do DF está situado em um alto regional que não apresenta grandes drenagens superficiais, mesmo sendo um divisor natural de grandes bacias hidrográficas. A sequência de figuras a seguir apresenta a distribuição das cotas de altitudes, a distribuição dos cursos d´água e sua combinação no território do DF.

Consulta



404

405 Figura 8: Bacias Hidrográficas do DF e Ride

406 Fonte: Elaboração própria.

407

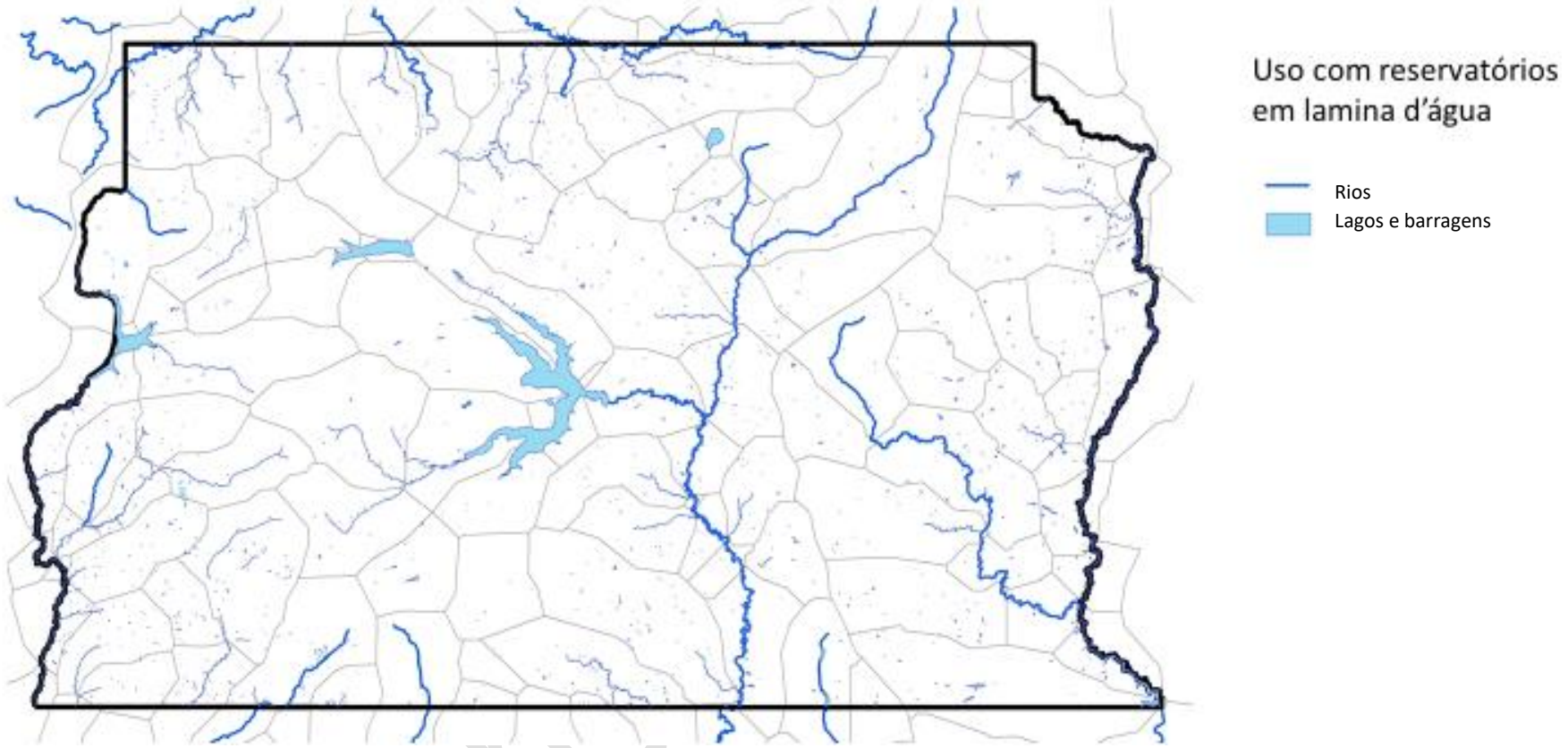


Figura 9: Distribuição de Lagos, rios e barragens no território do DF

Fonte: Elaboração própria.

Con

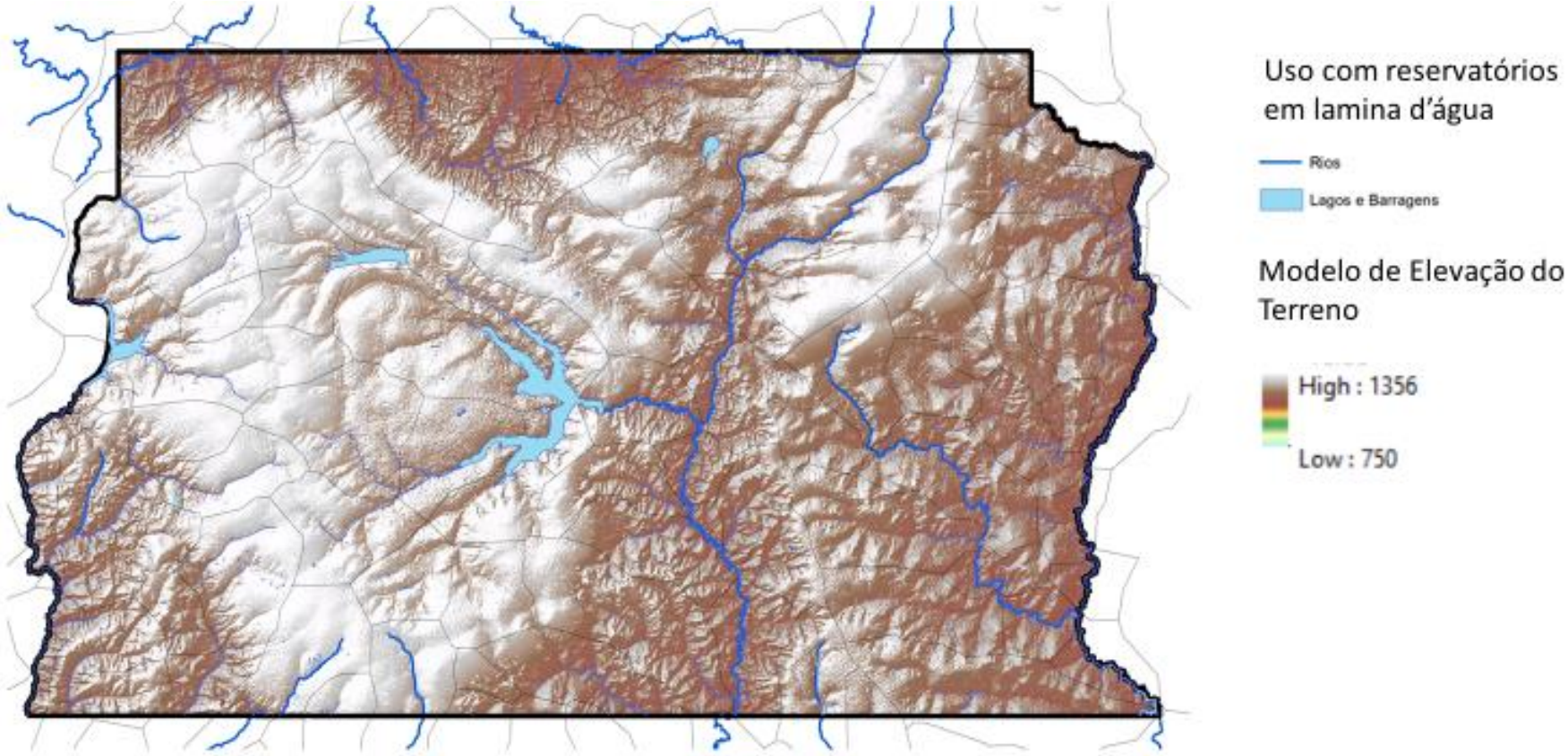


Figura 10: Combinação do modelo de elevação do Terreno e da Distribuição de Lagos, rios e barragens no território do DF

Fonte: Elaboração própria.

Con

Diniz (2019) destaca que o perfil hidrológico da região é de acentuado contraste, com estiagens sazonais que vão, usualmente, de meados do Outono ao início da Primavera, abrangendo todo o Inverno, caracterizado como época de seca. Assim, com a ausência de chuvas e a disponibilidade hídrica reduzida, nota-se a diminuição acentuada das vazões e dos corpos hídricos. Não sendo raro que o período seco ultrapasse 120 dias, tendo registros que relatam ocorrência de 162 dias, em 1963 (INMET, 2018).

Considerando o fato de que as entradas de águas cessam em parte considerável do ano durante a estiagem, a reserva para uso no período seco assume um caráter crítico na gestão dos recursos hídricos locais. Outro efeito da prolongada ausência de chuvas é a redução da vazão apresentada nos principais mananciais de abastecimento público durante a seca. A descarga líquida, neste período, passa a ser menor que a vazão demandada pelas captações. Os grandes reservatórios passam a operar em déficit, com a gradativa redução de seu volume útil ao longo da estiagem. As vazões afluentes passam a assumir um papel de amortecedores dos reservatórios. A agropecuária e demais usos também ficam comprometidos, com conflitos pelo uso da água (DINIZ,2019).

A sequência de figuras, a seguir, apresenta como os dados específicos do DF, quando comparados, apresentam diferentes padrões de distribuição de monitoramento, assim como eventuais carências de cobertura. Por exemplo, na figura 11 deixa evidente, que a combinação da distribuição de dados das Isoietas, com os pontos de Outorgas de retirada de água, com as localizações de Estações Pluviométricas e Fluviométricas no território do DF não seguem um padrão harmonizado que orientaria os gestores públicos a tomar decisões informadas. Assim, decidiu-se tratar os dados de vazão histórica dos principais cursos d´água e rios do DF, que possuem monitoramento continuado, com o objetivo de identificar padrões variabilidade natural e a ocorrência de eventos climáticos extremos. O exercício expõe como a variabilidade natural é intensa e distribuição de eventos climáticos extremos não é regular, como pode ser evidenciado no gráfico apresentado na Figura 13.

Consulta Pública

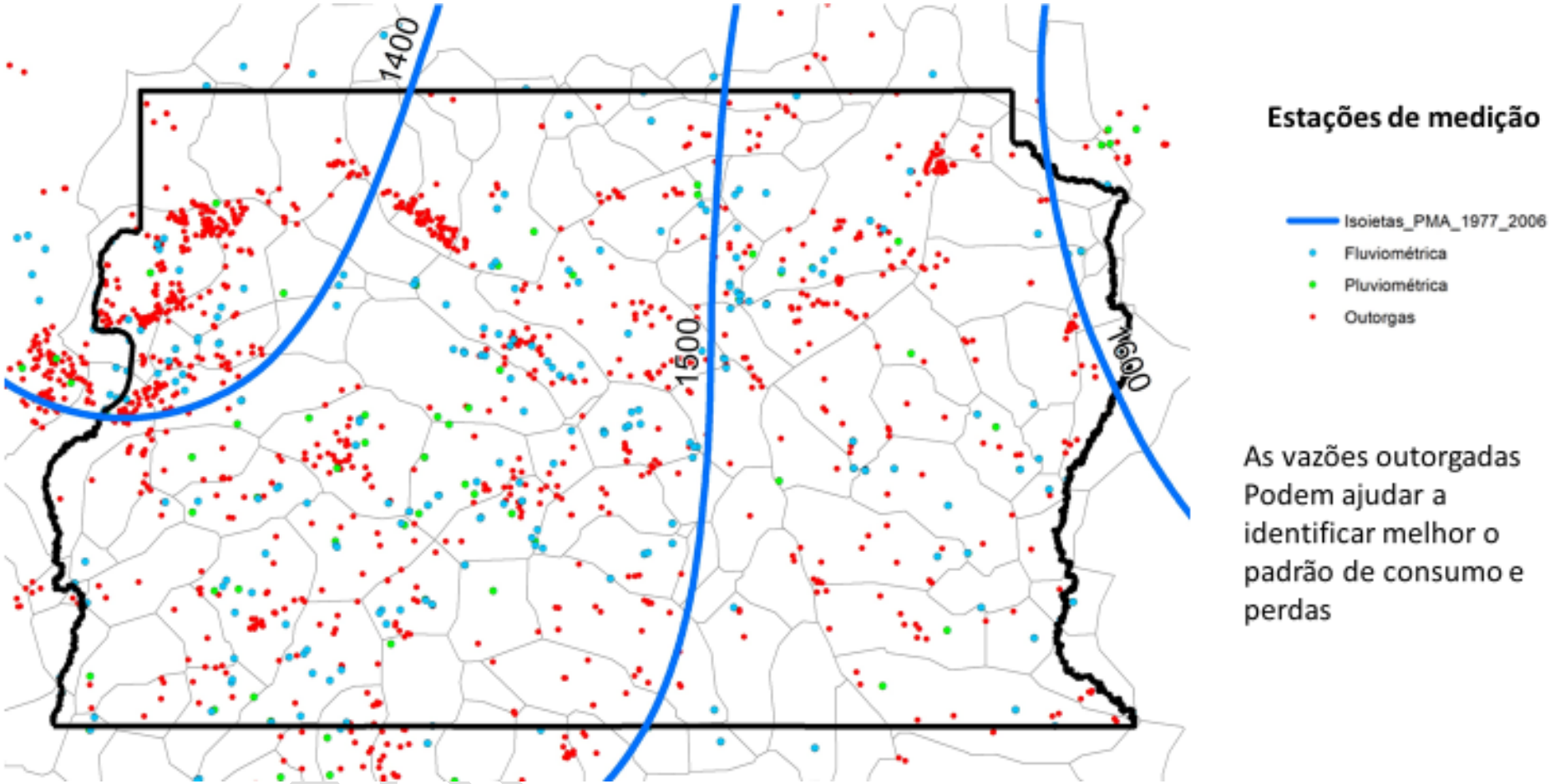


Figura 11: Combinação da distribuição de dados das Isoietas, com os pontos de Outorgas de retirada de água, com as localizações de Estações Pluviométricas e Fluviométricas no território do DF.
Fonte: Elaboração própria.

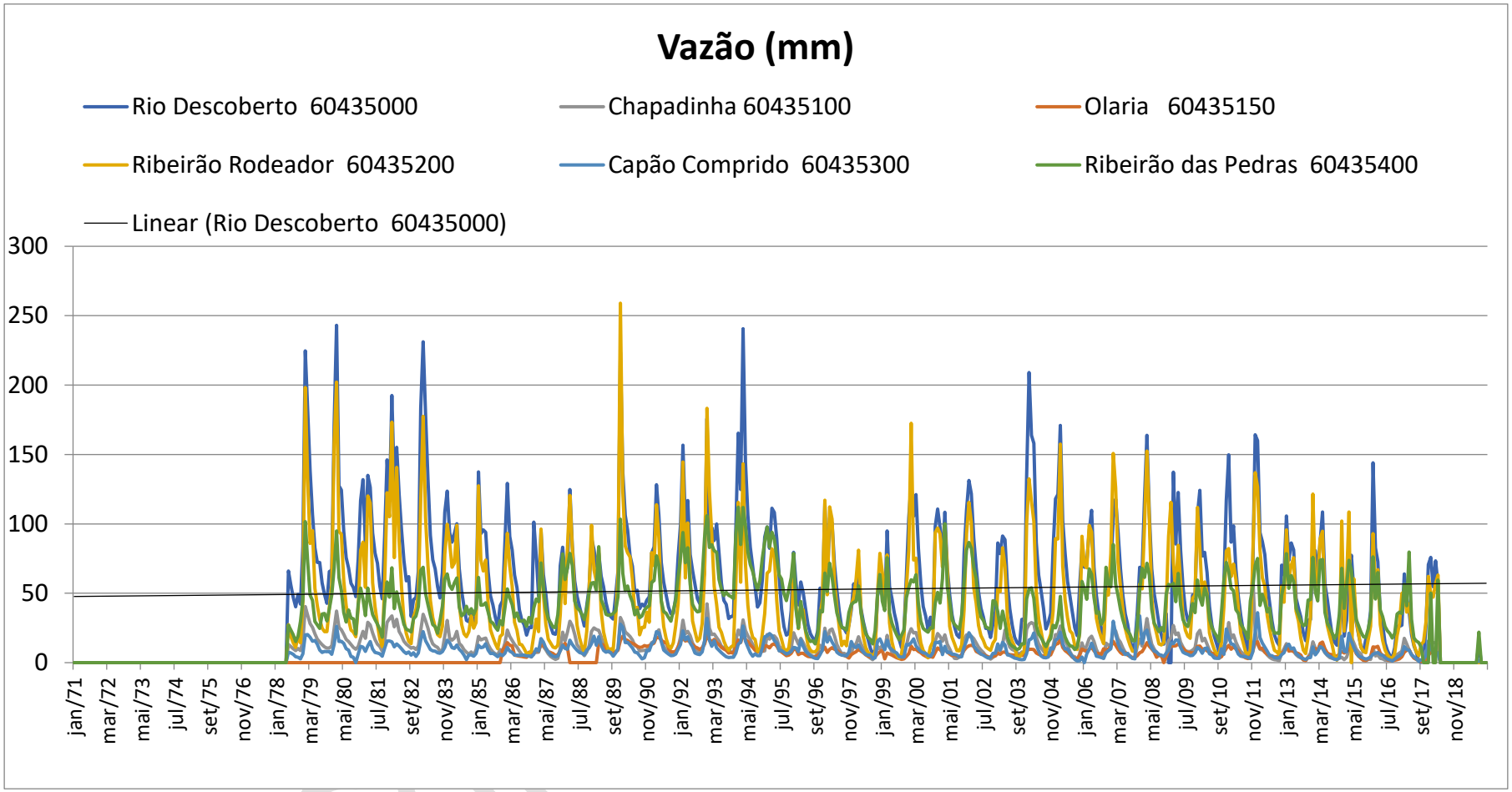


Figura 12: Vazão histórica dos principais cursos d´água e rios do DF, que possuem monitoramento continuado.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados das estações fluviométricas da ANA.

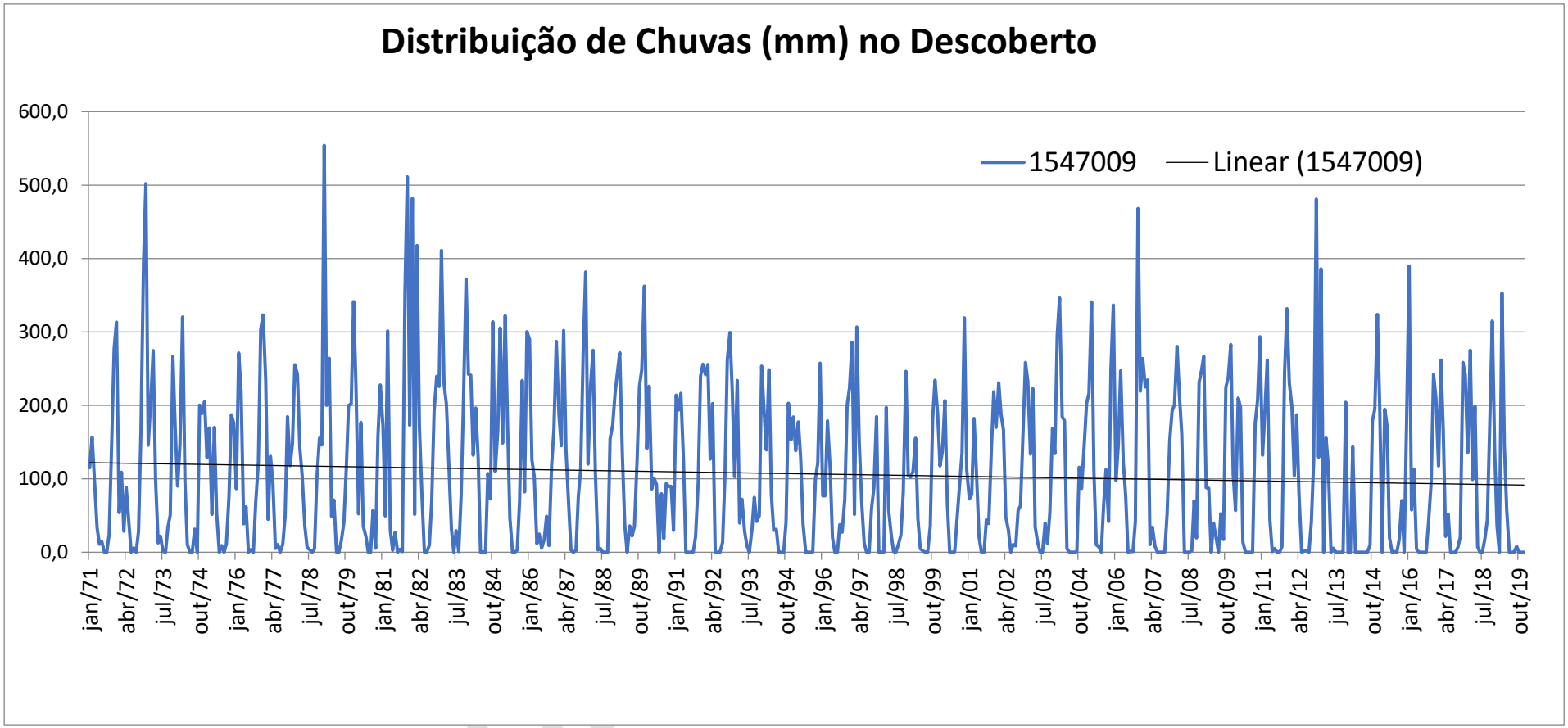


Figura 13: Distribuição de chuvas em milímetros desde janeiro de 1971 até a atualidade ocorrida no Descoberto (DF)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados das estações fluviométricas da ANA.

Assim, para trazer maior detalhe e significância na análise, decidiu-se analisar isoladamente os dados disponíveis sobre a distribuição diária de chuvas na estação do Descoberto, principal origem de captação de água para abastecimento da população do DF (Figura 13, acima). Como pode ser visto, em termos de eventos extremos de chuvas intensas, foram identificadas oito ocorrências de precipitação acima do 400mm. Considerando o período analisado, cerca de 1,3% dos pontos observados é bastante superior quando trata-se de resultados acima de 300mm. Quando analisada a dinâmica de tendência nesse período, por volta de 50 anos, há uma tendência clara de redução das chuvas.

Ao analisarmos a consolidação dos dados em termos de distribuições mensais considerando os cerca de 50 anos de dados analisados para a vazão da represa do Descoberto (figuras 14 e 15) fica latente o peso dos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro para geração de excedentes. As variações históricas de março e dezembro distribuídas nos quartis do gráfico, representado na figura 14, demonstram que as incertezas desses meses podem trazer resultados bastante contrastantes para o planejamento de abastecimento.

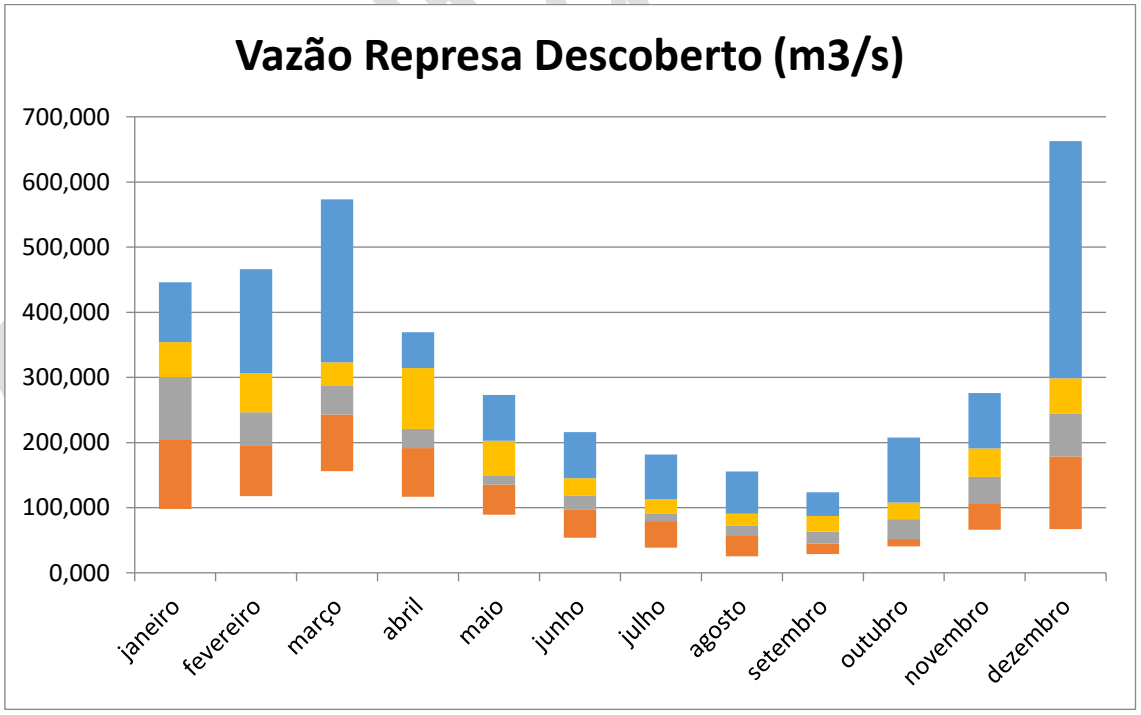


Figura 14: Vazão mensal caracterizadas em quartis da Represa do Descoberto nos últimos 50 anos.
Fonte: Elaboração própria.

Consulta Pública

A dinâmica das medianas, mínimas e máximas da vazão do reservatório do Descoberto, apresentadas nos *box-plots,* presentes na figura 15, deixa evidente que as mínimas estão sempre bem abaixo de 200 m3/s, e somente nos meses de fevereiro, março e abril as mínimas estariam acimas de 100m3/s.

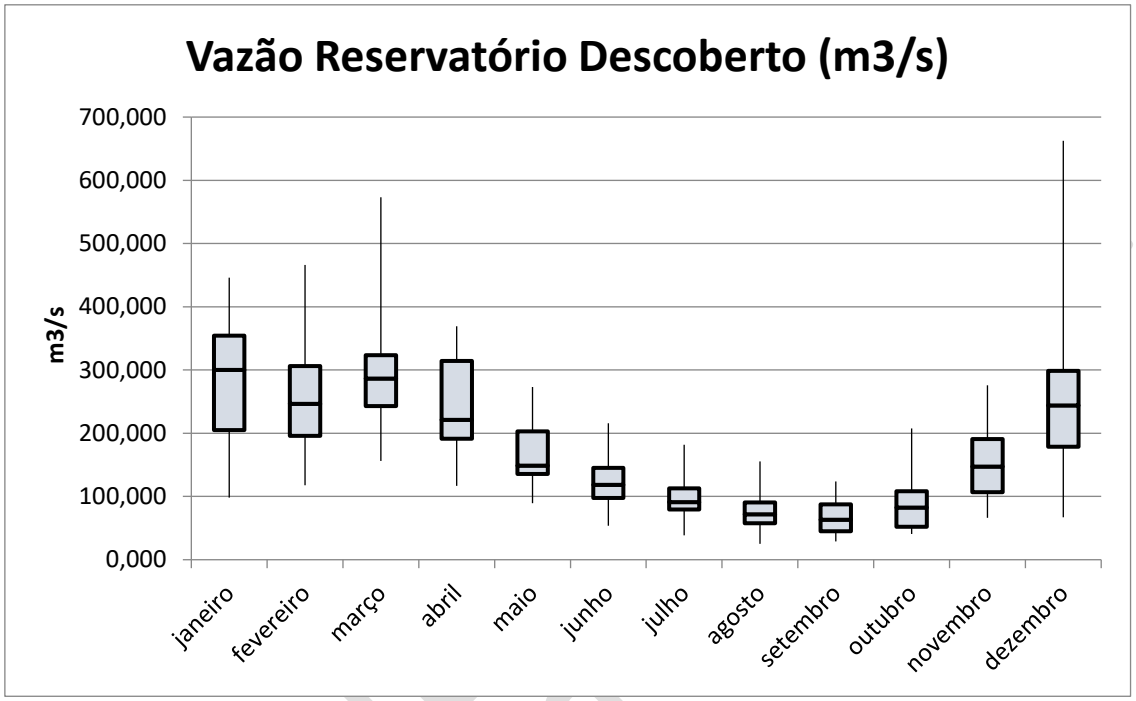


Figura 15: Box-plot contendo a mediana, variação Vazão mensal da Represa do Descoberto, considerando os últimos 50 anos.
Fonte: Elaboração própria.

Quando analisadas as *box-plots* e dinâmicas dos quartis mensais para a questão de chuvas no reservatório do Descoberto, presentes na figura 16 e 17, as incertezas ficam ainda mais agudas para os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro. Por outro lado, as medianas estão praticamente todas entre 100 e 200 mm, e somente nos meses de novembro e dezembro as medianas estariam levemente acima de 200mm.

Ressalta-se que, devido a tais dinâmicas observadas, fica cada vez mais relevante a discussão para ampliação de novas áreas de captações, assim como para ampliação das capacidades de armazenamento de água, para aproveitar os momentos de picos dentro das variações naturais encontradas.

Consulta

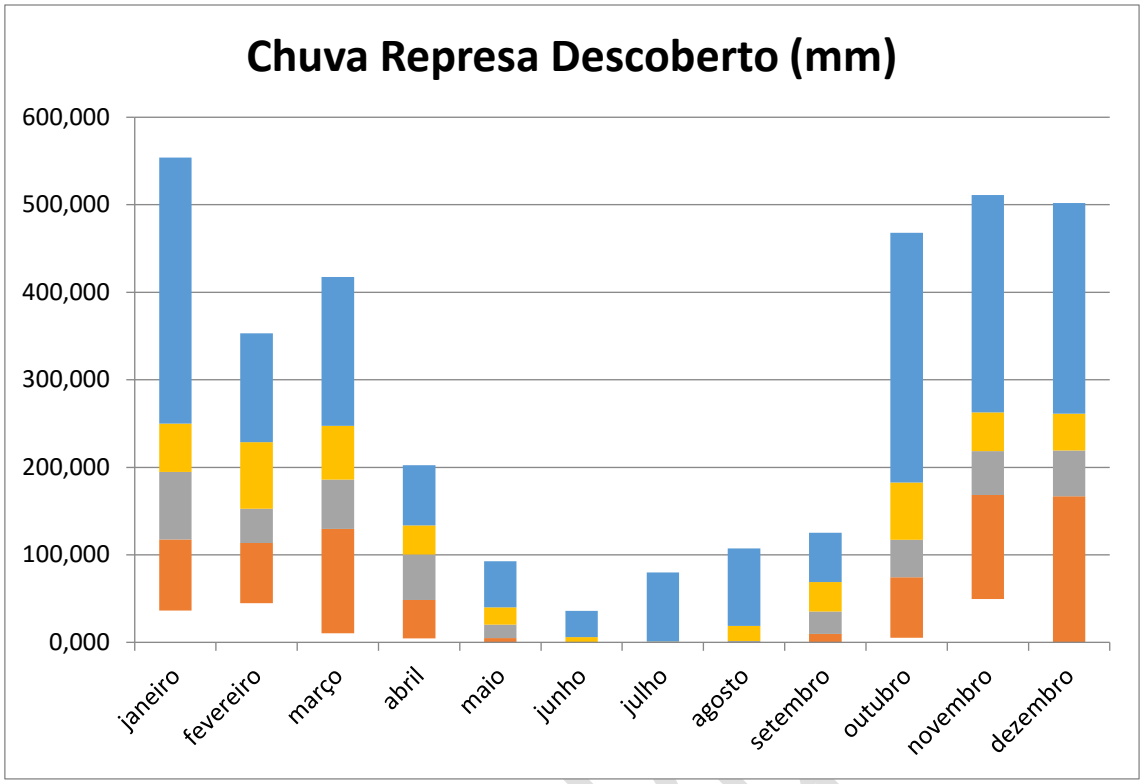


Figura 16: Ocorrência de chuvas mensal caracterizadas em quartis da Represa do Descoberto, considerando os últimos 50 anos.
Fonte: Elaboração própria.

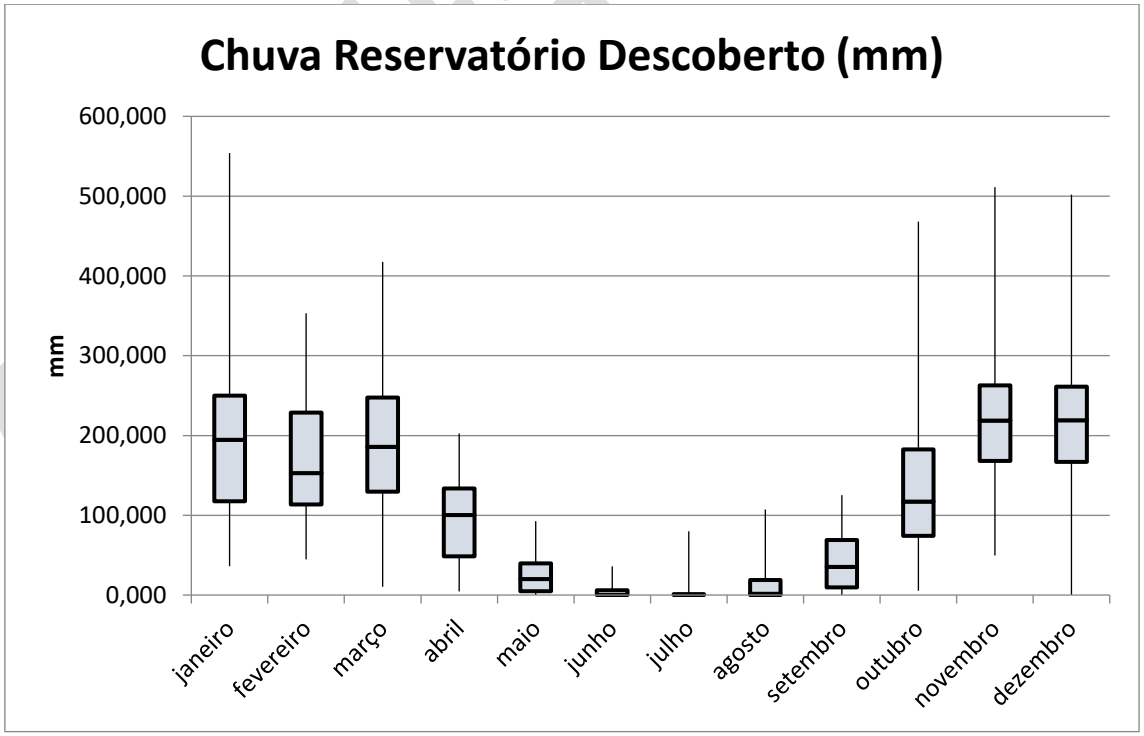


Figura 17: *Box-plot* contendo a mediana, variação Vazão mensal da Represa do Descoberto, considerando os últimos 50 anos.
Fonte: Elaboração própria.

Considerando, então, as mudanças futuras, utilizou-se abaixo os resultados encontrados pelas atividades desenvolvidas com o apoio do projeto GEF/CITinova - "Promovendo cidades sustentáveis no Brasil por meio de planejamento urbano integrado e do investimento em tecnologias inovadoras" coordenado pela Dra. Iracema F.A. Cavalcanti e coordenado tecnicamente pela Dra. Chou Sin Chan e elaborado por equipe do INPE/CPTEC. Naquele exercício foram analisados cenários de regionalização ('downscaling') para a região do DF e entorno, usando os dados de 4 modelos climáticos globais (MIROC5, HadGEM2-ES, CanESM2 e BESM), utilizando Modelo Eta do INPE e 2 cenários de cenários de emissão de gases de efeito estufa do IPCC, RCP 4.5 e RCP 8.5.

Os principais resultados do projeto foram descritos (Morgana de Almeida em Menezes et al., 2016) como: 1) Umidade relativa < 30% aumentou ocorrência de 24 dias/ano para 50 dias/ano (com significância estatística); 2) Máximas Temperaturas mínimas (noites quentes) aumentou em 2,3°C (com significância estatística); 3) Precipitação anual aumentou (sem significância estatística).

Nessa conclusão do projeto, ressaltou-se as implicações dos resultados para o setor de Recursos hídricos seria basicamente de menor disponibilidade de água para os reservatórios. Os possíveis impactos para o Distrito Federal consistem em situação de acirramento do estresse hídrico, ou seja, sem água suficiente para suprir as demandas da região; menos chuva durante as 4 estações do ano; aumento de dias de estiagem e ondas de calor. As figuras 18 e 19, a seguir, apresentam os resultados comparados entre os distintos modelos da mudança na precipitação e na temperatura média anual (2011-2040) para os limites geográficos do DF e entorno. Apesar dos resultados comparados serem bastantes distintos, há uma tendência clara em todos eles, que apontam para um incremento mínimo de mais 1^{o}C na temperatura média anual do DF (Figura 18), podendo chegar nos cenários mais extremos a um incremento adicional de 3,5^{o}C no DF no período até 2040.

Com relação a questão das mudanças de precipitação os modelos não são tão alinhados em uma tendência clara em uma só direção como com a temperatura, ou melhor, há modelos que apontam para uma redução de até 600mm até um incremento médio 50 mm no DF como podem ser vistos na figura 19 abaixo.

Consulta Pública

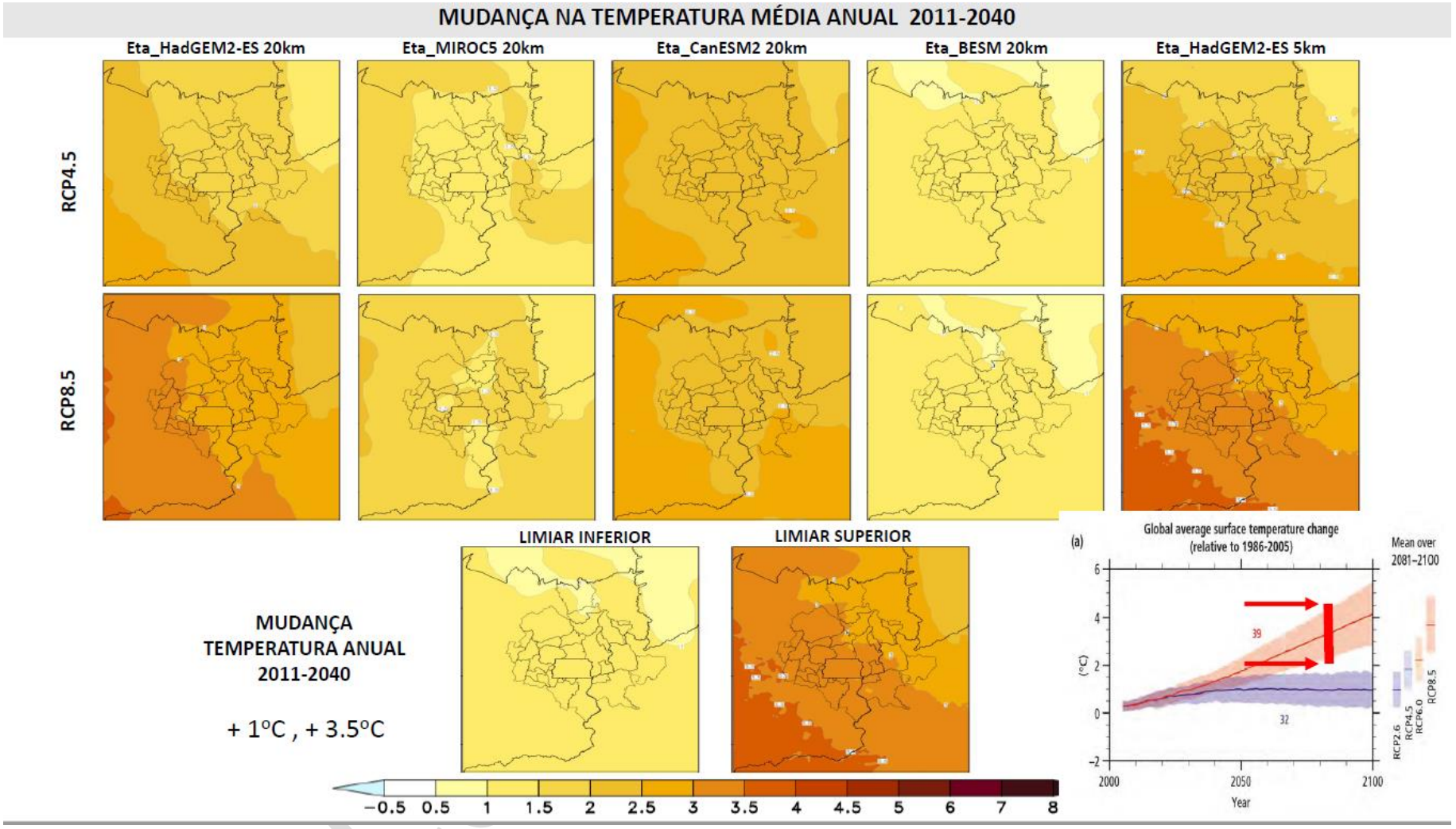


Figura 18: Resultados comparados entre os distintos modelos da mudança na temperatura média anual (2011-2040)
Fonte: Chou et all.2019.

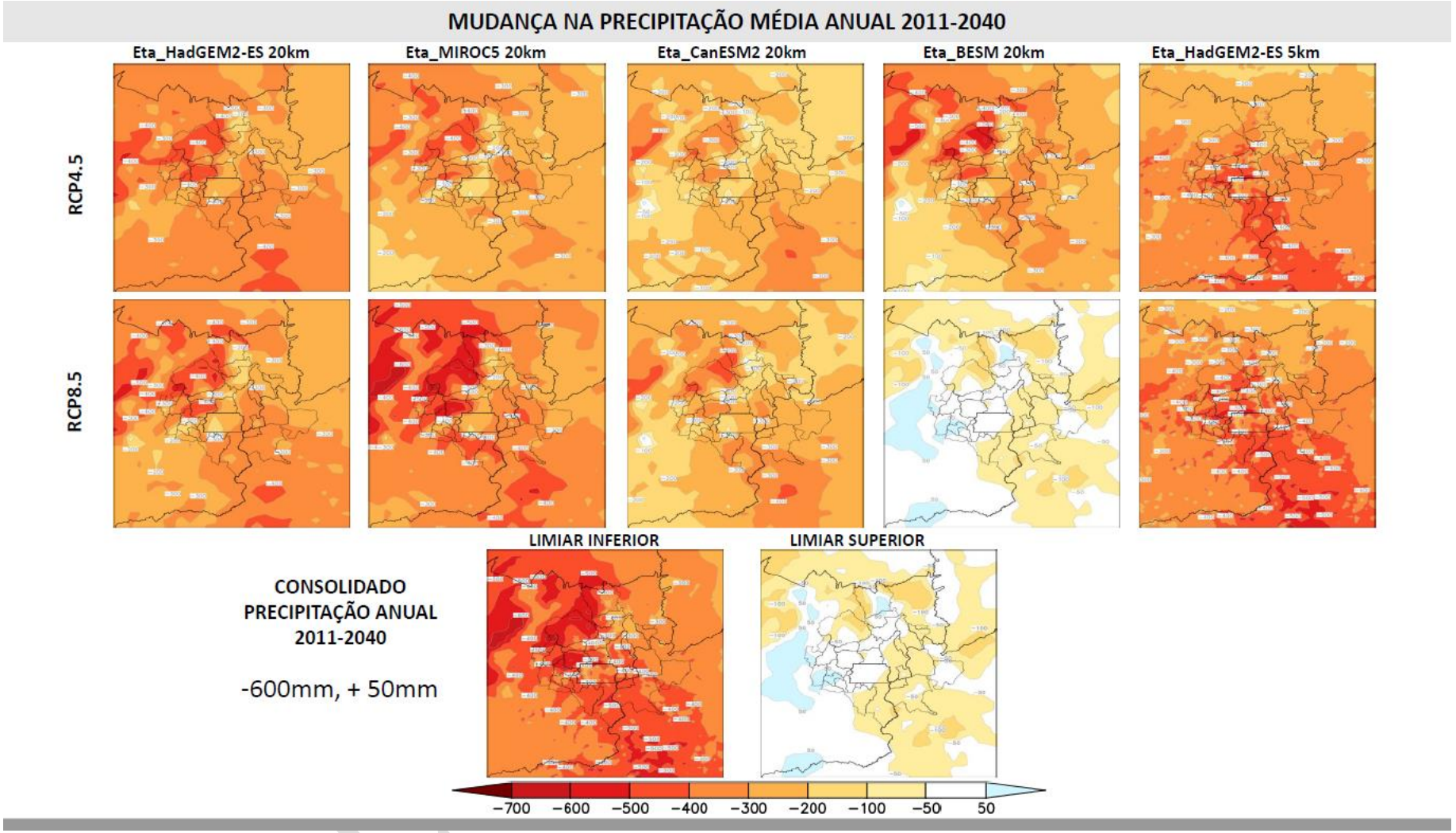


Figura 19: Resultados comparados entre os distintos modelos da mudança na precipitação média anual (2011-2040)
Fonte: Chou et all.2019.

A figura abaixo apresenta a noção conceitual das mudanças de distribuição de frequência associadas aos impactos futuros na mudança das médias, incremento de variabilidade e mudança nas simetrias das normais de distribuição.

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUENCIA

Dias muito frios se tornam menos frequentes

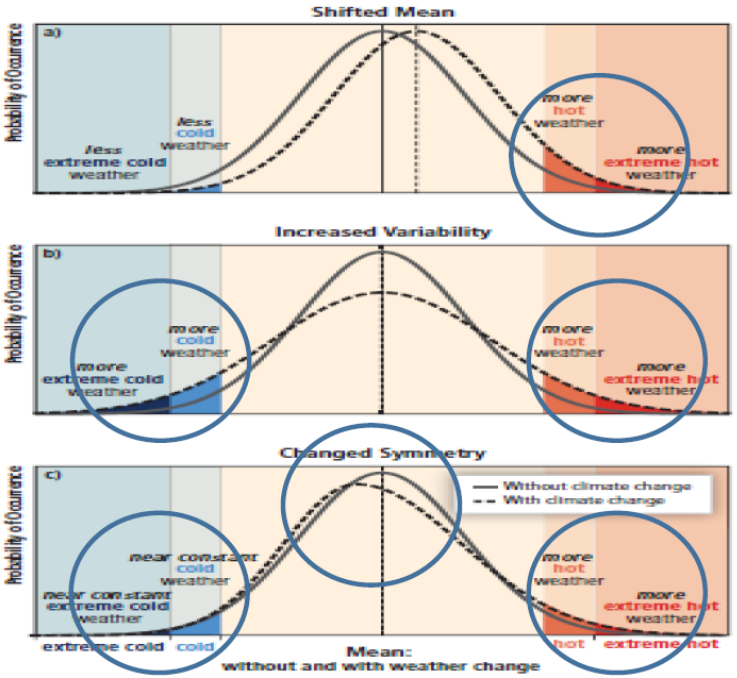


Figure SPM.3 | The effect of changes in temperature distribution on extremes. Different changes in temperature distributions between present and

Dias muito quentes se tornam mais frequentes

Mudanças na distribuição de frequência >>> efeitos sobre os extremos climáticos

Figura 20: Distribuição de frequência sobre extremos climáticos.
Fonte: Chou et all.2019.

1.2. ANÁLISE DE VULNERABILIDADE 2030

O exercício realizado nesta seção refere-se à aplicação da abordagem de risco climático no sentido de adicionar a variabilidade natural de vazão à variável de mudança de clima para o cenário de 2030. Sabe-se que o ano de 2030 pode ser considerado um limite temporal demasiado de longo prazo para a condição da gestão pública brasileira (na prática são efetivamente três PPAs no futuro). Entretanto, para o universo de tempo de vida da infraestrutura hídrica, pode-se considerar esse como um prazo adequado, uma vez que a média de vida útil de cada reservatório é superior a 50 anos. Dessa forma, mesmo que ocorram mudanças de propriedade e gestão durante os próximos 10 anos, é bastante plausível que a infraestrutura de reservatórios esteja em pleno funcionamento no ano de 2030.

Por conseguinte, com intuito de construir cenários plausíveis de mudança, desenhou-se três abordagens que apresentaram resultados comparáveis. Um primeiro cenário foi definido com mudança zero, ou seja, aplicou-se a condição de média histórica dos cerca de 50 anos avaliados da variabilidade natural da vazão dos rios que formam o reservatório Descoberto, reservatório analisado neste estudo. Outros dois cenários foram considerados como de mudança, sendo um de mudança moderada e o outro de mudança extrema.

Devido ao alto grau de incerteza dos modelos globais para aplicação em condições locais (como explicado na primeira seção deste relatório), aplicou-se sobre a variabilidade natural histórica uma taxa de mudança associada ao conceito de Evento Extremo de Clima.

> "Um Evento Extremo de Clima é um evento que é raro dentro de sua distribuição de referência estatística num lugar em particular. Estas definições variam, mas um evento extremo de clima, normalmente, seria raro ou mais raro do que 10º ou 90º percentil. Por definição, as características do que é chamado evento extremo de clima podem variar de lugar para lugar. Um evento extremo de clima é uma média de um número de eventos do tempo sobre um certo período, uma média que é extrema por si só (ex. chuva sobre a estação)." (IPCC, 2007; Marengo et. al., 2007[6]: p.46).

[6] Glossário do IPCC utilizado no quarto relatório de avaliação do grupo de trabalho II sobre Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade, disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/annexessglossary-e-o.html

Consulta Pública

De acordo com o Quarto Relatório de Avalição do IPCC, é muito provável que ocorra durante o século XXI um aumento da intensidade de precipitação e variabilidade, incrementando os riscos de inundações[7]. Assim, para construir o cenário de mudança moderada, aplicou-se uma agregação sobre as condições das distribuições de vazões e precipitação, considerando um incremento de sensibilidade de 10% sobre as observações presentes nas faixas superiores ao percentil 90 e inferiores ao percentil 10 na série histórica. Esta agregação foi distribuída de maneira homogênea sobre os dados históricos dos últimos 50 anos de dados disponíveis do percentil 10 e percentil 90, respectivamente, sobre as médias de cada mês para os quais há dados de vazão ou precipitação nas estações meteorológicas nos últimos 50 anos. Os resultados destes cenários moderados são apresentados nas Figuras 21 e 22 abaixo.

Em comparação, avaliou-se cenários extremos também, ou melhor, aplicou-se um incremento de 20% sobre incrementos dos eventos climáticos extremos na série histórica. Para definição da chamada mudança no cenário extremo, aplicou-se a mesma lógica dos percentis 10 e 90 sobre os resultados das vazões e precipitações, calculadas em função da distribuição dos anos em que os valores desses percentis ocorreram para cada mês dos últimos 50 anos. Os resultados destes cenários extremos são apresentados nas Figuras 23 e 24 abaixo.

Os resultados comparados demonstram que em ambos os cenários há uma consolidação de uma dinâmica indicada pelo IPCC, que dá ênfase sobre ter maior atenção aos extremos na gestão de riscos. O impacto dessas mudanças traz implicações substantivas nos processos de tratamento das normais de vazão e precipitação para o planejamento de políticas públicas. As figuras 25 e 26 demonstram que apesar dos cenários moderados e extremos refletirem impactos muito evidentes nas dinâmicas mensais, no plano médios anuais tais mudanças são quase imperceptíveis.

[7] Sumario Executivo disponível em:http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/executive-summary.pdf

Consulta Pública

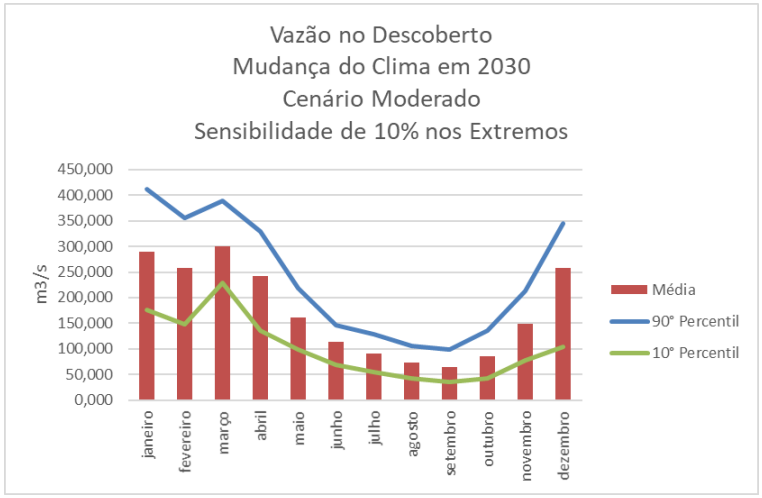


Figura 21. Cenário Moderado – Vazão Descoberto - 2030

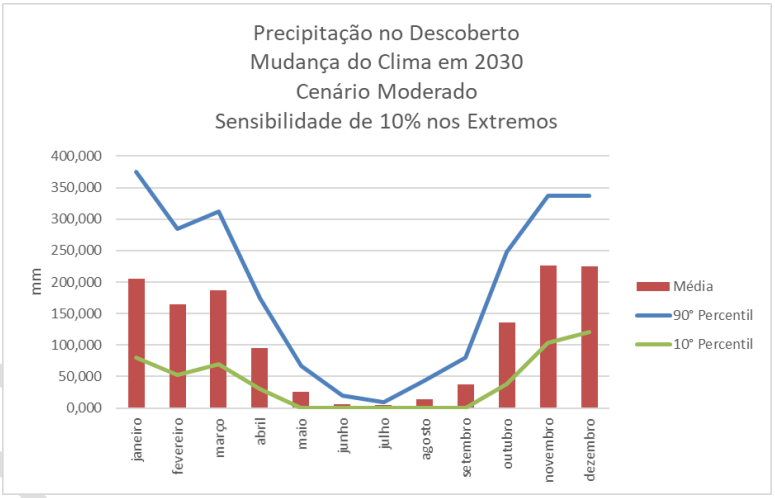


Figura 22. Cenário Moderado – Precipitação Descoberto - 2030

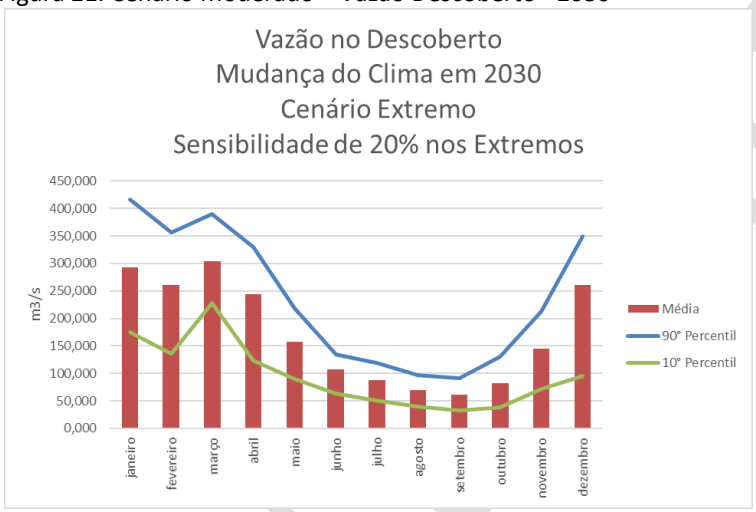


Figura 23. Cenário Extremo – Vazão Descoberto - 2030

Fonte: Elaboração própria

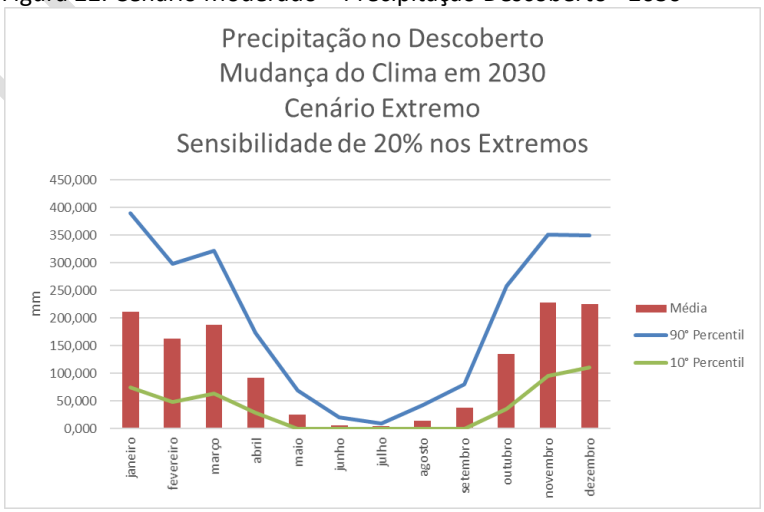


Figura 24. Cenário Extremo – Precipitação Descoberto - 2030

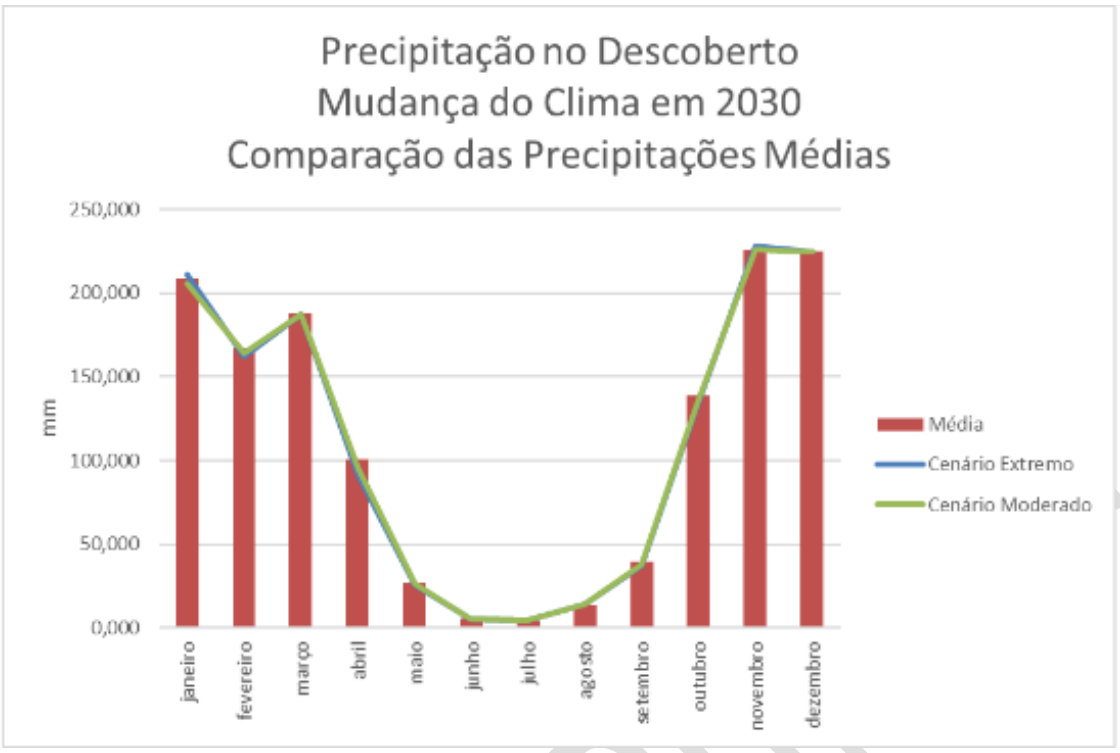


Figura 25. Comparação das precipitações na média histórica em relação ao cenário extremo & moderado.
Fonte: Elaboração própria

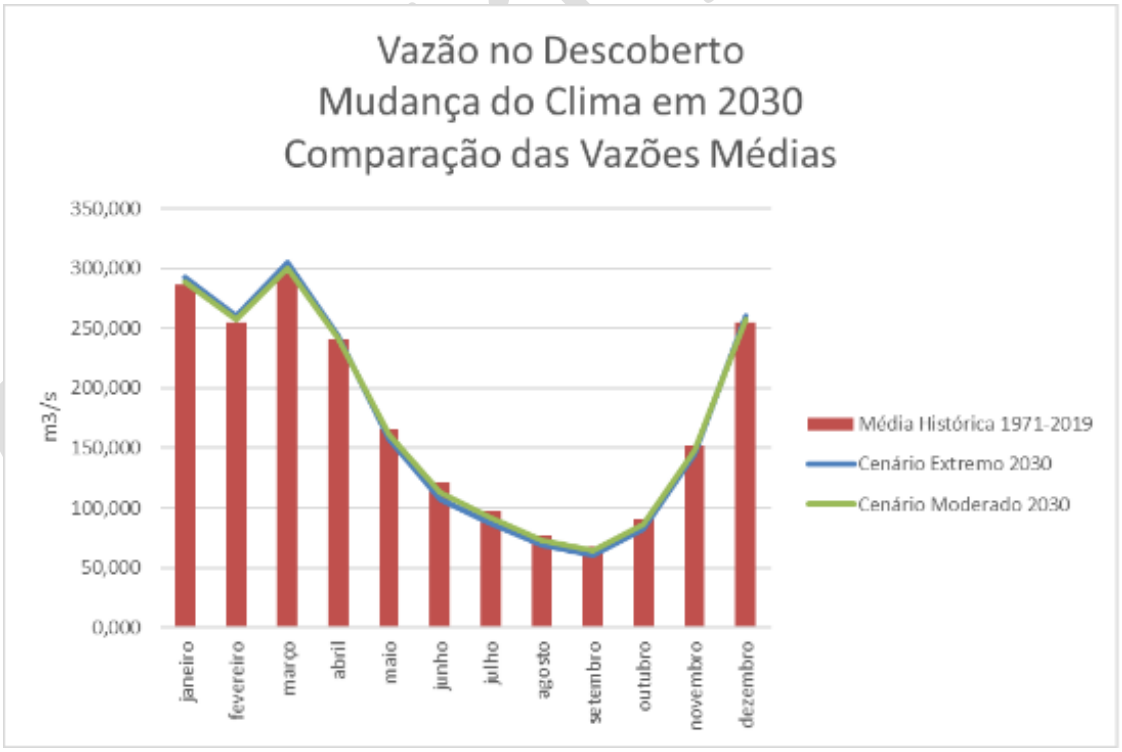


Figura 26. Comparação das vazões na média histórica em relação aos cenários extremos & moderado.
Fonte: Elaboração própria

Apenas para deixar evidente, os cenários críticos apresentados acima, apesar de extremos, são substancialmente menos agudos que os eventos mínimos e máximos mensais históricos no Descoberto, que ocorreram ao longo dos últimos 50 anos observados. As figuras 27 e 28 apresentam graficamente os resultados tanto de Precipitação quanto de Vazão.

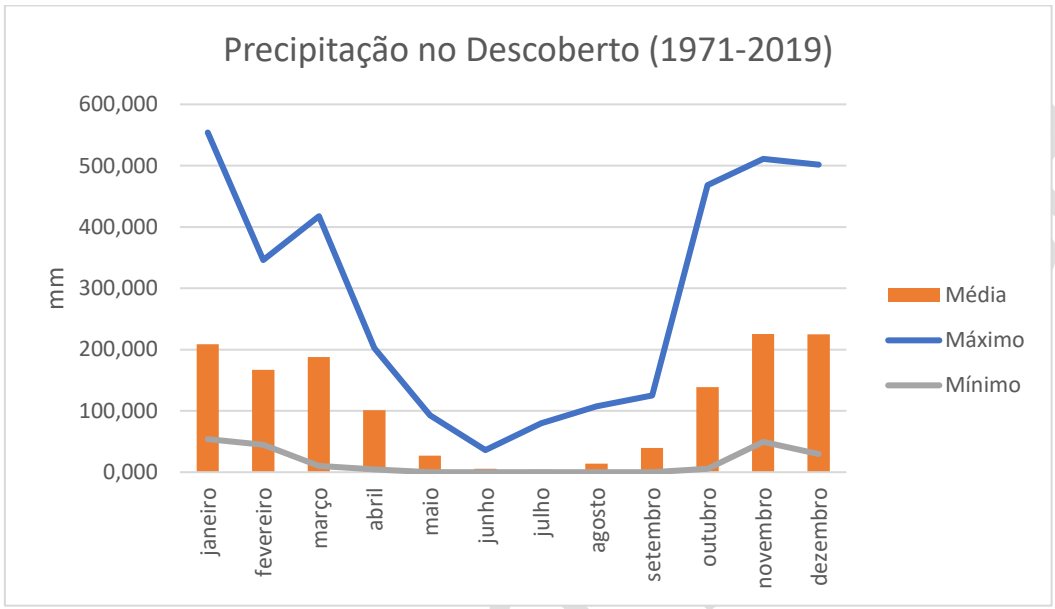


Figura 27. Precipitação histórica no Descoberto em relação à média histórica, as máximas e mínimas (1971-2019). Fonte: Elaboração própria

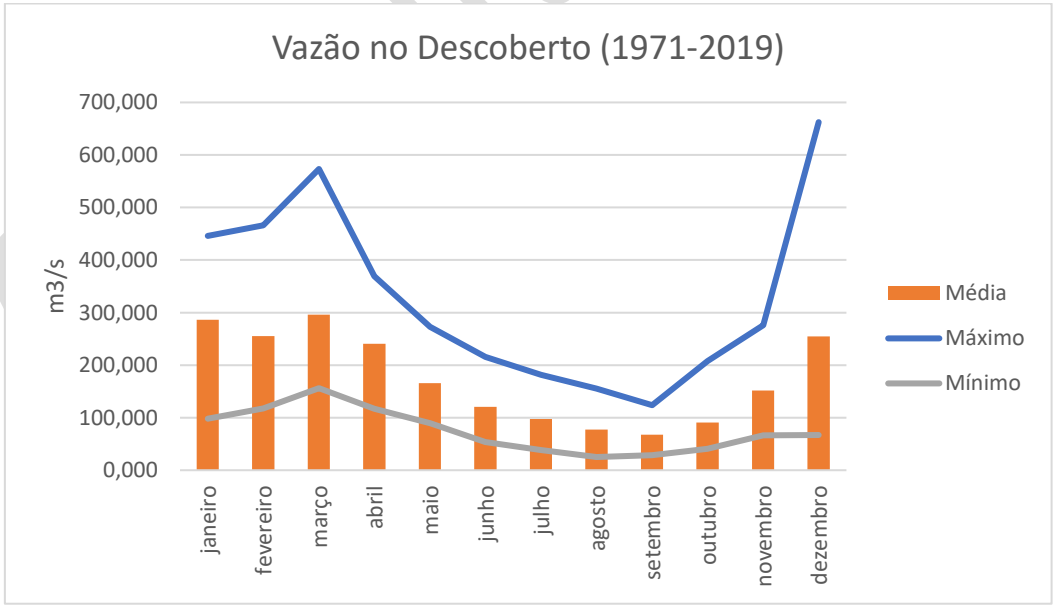


Figura 28. Vazão histórica no Descoberto em relação à média histórica, as máximas e mínimas (1971-2019). Fonte: Elaboração própria

Devido à escassez hídrica sazonal da região, a afluência total desses cursos d'água apresenta variações significativas ao longo do ano. Diniz (2019) indica dados hidrológicos da CAESB, sobre as vazões de entrada no reservatório no Descoberto, como análise de valores distintos ocorridos em março/1994 (19,274 m^3/s) e outubro/2017 (0,488 m^3/s), registrando o ápice da crise hídrica, o menor valor da série histórica, o que caracteriza a gravidade do evento.

As principais intervenções nos recursos hídricos da região estão relacionadas às atividades agropecuárias ou à urbanização. Tal exposição causa impacto severo à disponibilidade hídrica da bacia (escassez). Por exemplo, as captações de água; carreamento de resíduos por meio do escoamento superficial durante as precipitações, tais como: fertilizantes; agrotóxicos e matéria orgânica; lixiviação e impermeabilização de solo, ocasionam a redução do coeficiente de infiltração na bacia.

Tanto o abastecimento público como o uso na agropecuária têm ação estratégica para a sustentabilidade do DF e coexistem na bacia desde o início de sua ocupação e utilização. Entretanto, a expansão urbana nas áreas atendidas pelo Sistema Descoberto e o aumento da área irrigada na bacia podem comprometer a capacidade do reservatório de abastecer o Distrito Federal ao longo de estiagens mais severas.

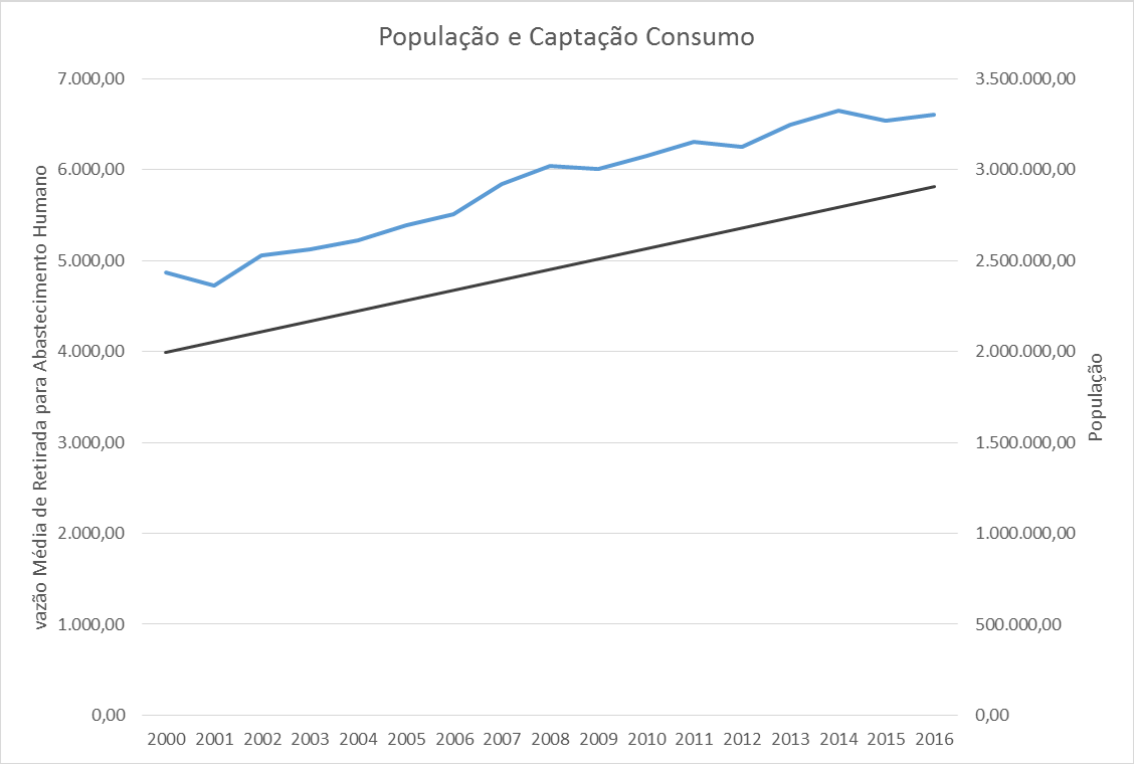
2. ESTRATÉGIAS SETORIAIS PARA O ENFRENTAMENTO A VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL

2.1 ESTRATÉGIA DE RECURSOS HÍDRICOS

A informação sobre o consumo de água é crucial para a realização de projeções de demanda, para o dimensionamento de sistemas de água e esgoto e para o controle operacional. Ressalta-se que, durante os últimos 16 anos, o Distrito Federal ampliou sua população em cerca de 50%, saltando de 2 para 3 milhões de habitantes, durante o mesmo período o consumo demandado pela mesma população saltou em 30%, isto é, ampliando de 5m^3/s para os atuais 6,5 m^3/s de demanda. A figura 29, a seguir, apresenta de maneira gráfica o crescimento da população e consumo no Distrito Federal.

Consulta Pública

Figura 29. Crescimento da população (cor preta) e consumo de água (cor azul) de 2000 a 2016



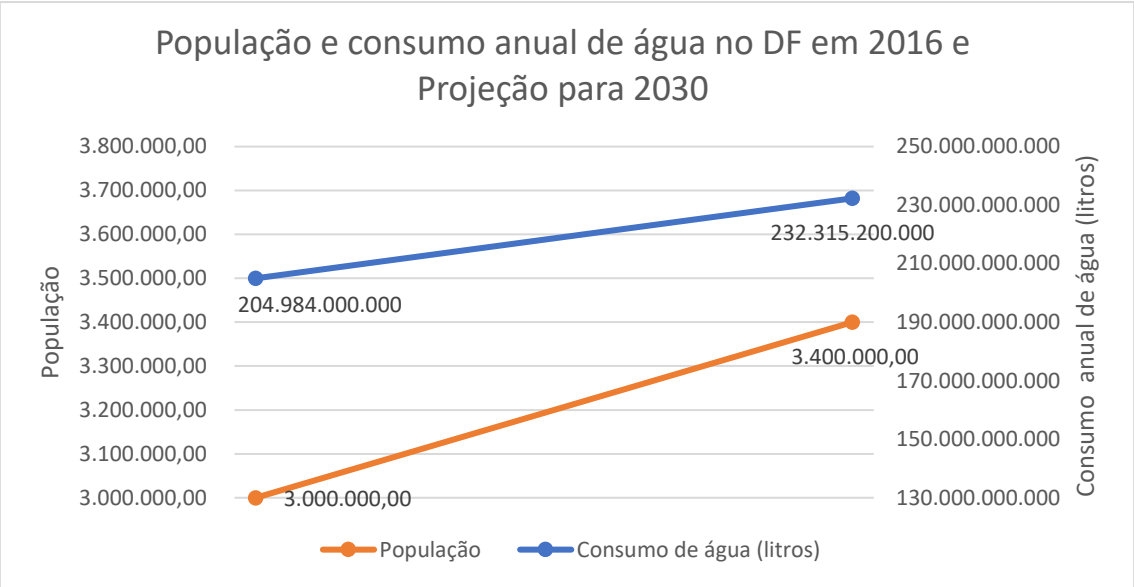
Fonte: ADASA.

Porém, para avançar no processo de definição de ações de redução de vulnerabilidade e ações de adaptação frente aos efeitos adversos no setor de abastecimento de água, é necessário realizar a projeção de aumento da população do DF para o ano de 2030. No exercício nesta seção, utilizou-se as projeções de incremento de população do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2019), compreendo que a população do Distrito Federal saltaria do atuais 3 milhões de habitantes para cerca de 3,4 milhões de habitantes em 2030.

Para fins de projeção de consumo, foram utilizados os dados da CAESB que apontam como consumo médio mensal per capita no Distrito Federal 5,83 m^3. Assim, projeta-se um consumo de 232.315.200.000 de litros de água para o ano de 2030, seguindo a projeção de aumento populacional indicada acima. A figura 30, a seguir, apresenta de maneira gráfica a evolução das projeções de 2030.

Consulta

Figura 30. Crescimento da população e consumo de água atual e projetado para 2030



Fonte: Elaboração própria.

O impacto do consumo médio de água pode ser determinado pelas características dos equipamentos hidráulico-sanitários; pela administração do sistema de abastecimento; pelos aspectos climáticos; pelo aumento populacional (mesmo com a diminuição de velocidade do crescimento populacional) e pela elevação de renda da população.

Este último fator mereceria ser mais explorado, considerando que a esperada e desejada diminuição da pobreza tende a exercer uma maior pressão sobre recursos naturais como a água. Assim, mesmo com o decréscimo significativo nas taxas de crescimento populacional, o nível de consumo não apenas seguirá pressionando no sentido de aumentar a demanda por água como também o fará de forma mais acentuada em regiões do país nas quais se verificará maior crescimento de PIB per capita.

Entretanto, após ser realizado o processo de avaliação da dinâmica das vazões e precipitações históricas e as definições dos cenários de mudança modera e extrema para o ano de 2030, ficou evidente que não é possível abastecer de maneira segura e

Consulta Pú

sustentável a população do DF sem que ocorra a acumulação dos recursos hídricos por meio de reservatórios. A Figura 30, a seguir, apresenta os reservatórios mais significativos existentes no DF, com as respectivas capacidades úteis, publicados pela ADASA.

Figura 31. Reservatórios do Distrito Federal.

Fonte: ADASA, 2017.

Considerando os dados acima, mesmo compreendendo que atualmente o reservatório do Paranoá não está suprindo o abastecimento de água da população do DF (portanto, dados bastante conservadores), a capacidade somada dos 3 reservatórios já em 2016 conseguiria suprir somente 82% do consumo anual (168.000.000.000 de litros de água). Considerando as projeções calculadas acima para o ano de 2030 (232.315.200.000 de litros de água), a utilização máxima da capacidade dos reservatórios seria suficiente para cobrir apenas 72% do consumo total projetado. Tais números apresentam a necessidade de avanço dos processos avaliação de outras camadas de dados que influenciariam os aspectos necessários para definição de ações de redução da vulnerabilidade a déficit hídrico e escassez hidrológica no Distrito Federal.

Consulta

Portanto, avançou-se no estudo da paisagem hidrológica do Distrito Federal com o objetivo apresentar uma proposta de integração de dados climatológicos em Sistemas de Informações Geográficos (SIG) para identificar eventos de riscos a danos ambientais e perdas econômicas entre os períodos secos e chuvosos no Distrito Federal. Foram realizadas as compilações de base de dados de rios e reservatórios disponível pela ANA e pelo Geoportal do Distrito Federal, assim como os dados do modelo do terreno SRTM para identificação do relevo e das cotas de inundações.

Assim, realizou levantamentos de dados disponíveis para avaliação dos riscos de alagamentos e inundações complementar ao processo de estiagem estudado no Distrito Federal. Para tanto, foi utilizado as delimitações das sub bacias hidrográficas a partir dos dados disponíveis pelo site da Agência Nacional de Águas (ANA).

A ANA apresenta alguns dados de vazões por sub-bacias, porém esses dados não são completos para o DF e apresentam muitas lacunas. O programa da ANA disponibiliza vetores de trechos com alta vulnerabilidade a inundações. Estes trechos foram plotados em mapas de relevo do DF para análise de padrões topográficos, que foram apresentados nas figuras 8, 9 e 10 das seções anteriores.

A partir daí, foi obtido o mosaico do modelo de elevação do terreno SRTM para processar os dados modelos de superfície do terreno. Foram identificados os padrões topográficos de planaltos com baixa drenagem em superfícies susceptíveis a alagamentos. Tais padrões foram correlacionados com os trechos dos quais tiveram ocorrências de inundações.

Identificou-se então que, outras áreas com padrões semelhantes aos de inundações foram identificados em novos trechos de susceptibilidade a alagamentos em todo o Distrito Federal. A figura 32, a seguir, apresenta, assim, os resultados encontrados no mapeamento dos padrões de trechos com risco a alagamentos e inundações (linhas amarelas) sobrepostos sobre a malha de rios (em azul) sobre a camada do modelo de elevação do terreno dentro do recorte territorial do Distrito Federal.

Consulta Pública

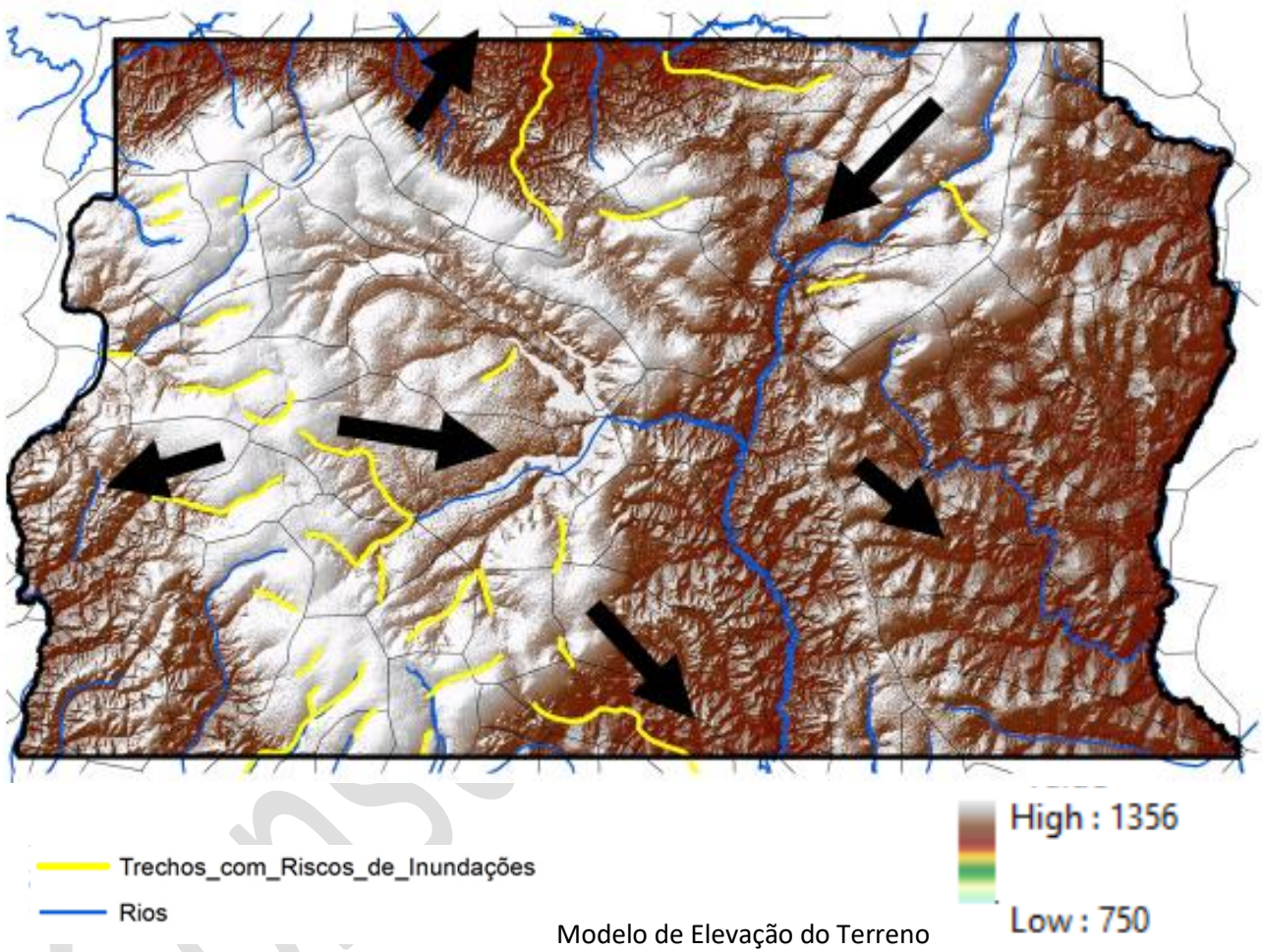


Figura 32. Mapeamento dos Padrões de trechos com risco a alagamentos e inundações.
Fonte: Elaboração própria.

Os novos trechos susceptíveis a inundações foram, então, correlacionados com os tipos de usos do solo e as sub bacias hidrográficas. Os resultados de tais análises são apresentados a seguir na figura 33.

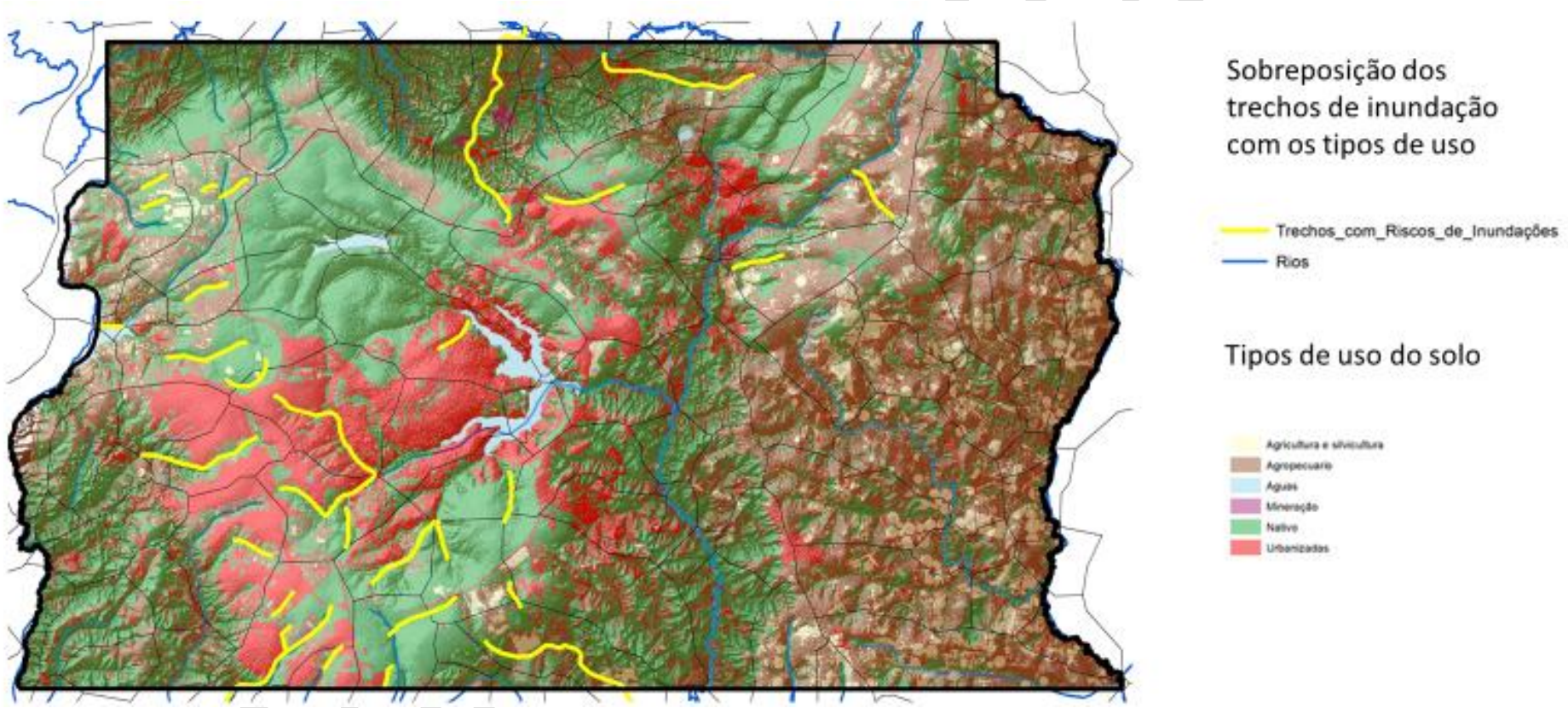


Figura 33. Sobreposição dos trechos com risco a alagamentos e inundações com os tipos de uso do solo.
Fonte: Elaboração própria.

A partir daí, foram realizadas consultas as bases de dados das estações meteorológicas disponibilizadas pelo INMET, que foram posteriormente tratadas estatisticamente, para identificar, por meio de análises gráficas de caixas *box-plots,* os eventos climáticos extremos de cheias a partir das amplitudes entre os limites inferior e superior de precipitação.

Por conseguinte, foram selecionados todos os sinais de chuvas intensas e identificados os períodos e as intensidades das chuvas e, posteriormente, classificadas as estações com maiores riscos à inundação e seus períodos críticos. Desta forma, foram classificadas em áreas de riscos baixos, médios e altos. A partir dos pontos geográficos das estações, foi construído um mapa de calor ou de densidade do valor médio do período crítico chuvoso entre todas as estações, aproximando para todo o território do DF.

Adicionalmente, foram classificadas as unidades de sub bacia em três graus de riscos (alto, médio e baixo). No alto, as áreas já identificadas com ocorrência de trechos com inundações e em áreas urbanizadas. Áreas consideradas de médio risco são as unidades de sub bacias que apresentaram padrões de relevo semelhantes aos relatos de inundações. As áreas de baixo risco não apresentaram ocorrências nem padrões de relevos semelhantes.

Assim, a Figura 34, a seguir, apresenta o resultado de tal cruzamento de dados, isto é, o mapa de calor para apresentação de locais com chuvas intensas com a sobreposição de classificação de risco por sub bacias (rosado para alto, amarelado para médio e cinza claro para baixo). As linhas em vermelho são os trechos onde possuem grande probabilidade de alagamentos e inundações.

Consulta Pública

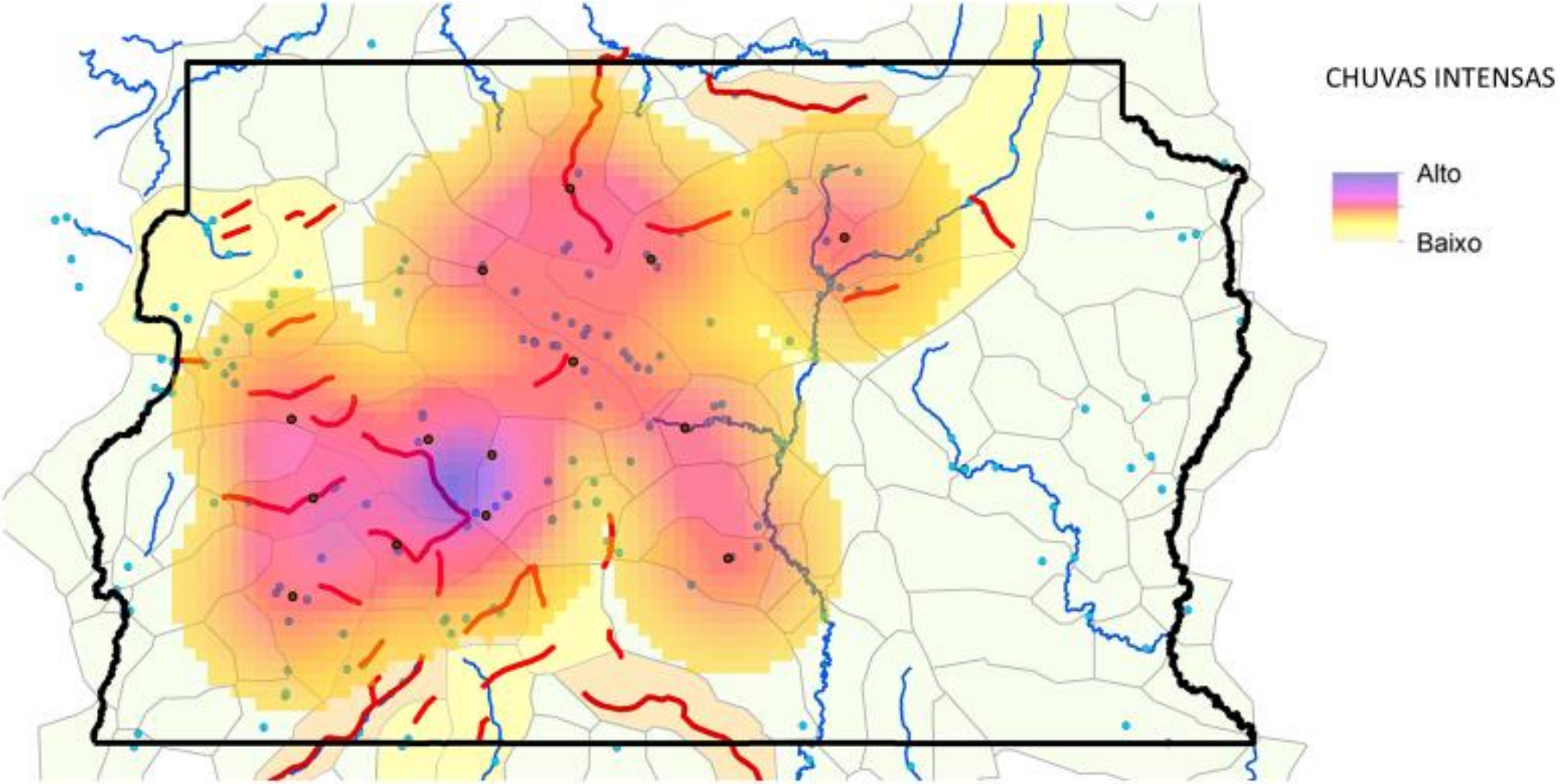


Figura 34. Mapa de calor para apresentação de locais com chuvas intensas com a sobreposição de classificação de risco por sub bacias (rosado para alto, amarelado para médio e cinza claro para baixo).
Fonte: Elaboração própria.

Cópia

A partir daí, foram cruzados os dados dos mapas de riscos de chuvas a inundações entre os períodos críticos e os mapas das sub bacias com de risco de trechos de inundações com as bases de dados dos usos do solo (agricultura, zonas urbanizadas e águas), conforme a figura abaixo.

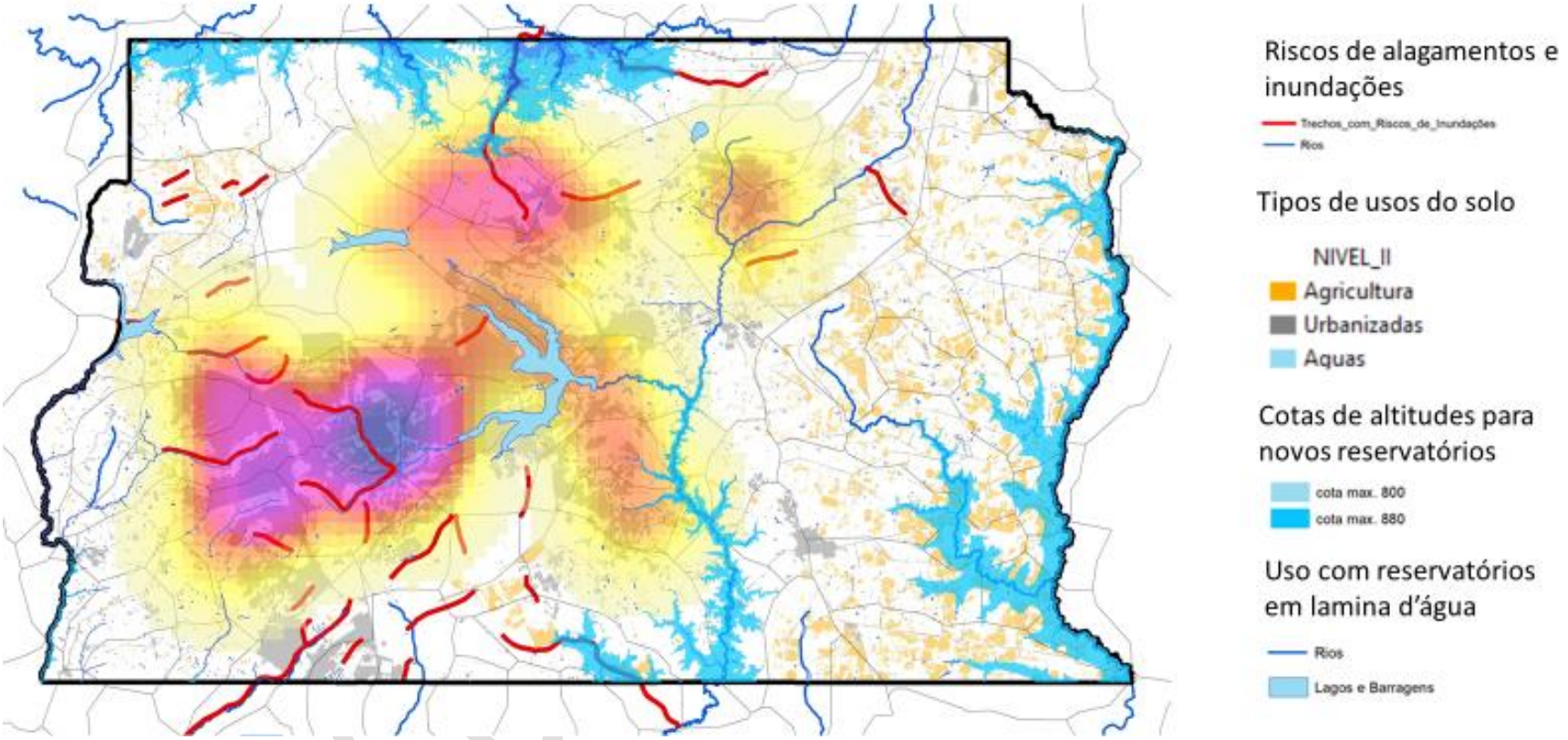


Figura 35. Mapa de calor integrando os usos dos solos com os locais com chuvas intensas com a sobreposição de classificação de risco por sub bacias (rosado para alto, amarelado para médio e cinza claro para baixo).
Fonte: Elaboração própria.

Por fim, fez-se o cruzamento final entre os mapas anteriores, com o objetivo de resumir de maneira visual o mapeamento de vulnerabilidade da bacia hidrográfica contando:

a) a eventos com inundações por chuvas intensas,
b) sobrepondo ao Modelo de elevação do terreno,
c) a delimitação das Sub Bacias Hidrográficas (retiradas da base de dados da ANA);
d) a classificação de uso dos solos realizadas pela SEMA em 2020;
e) Monitoramento de áreas permeáveis e impermeáveis
f) Precipitação de chuvas com base nos dados do INMET;
g) Localização das estações meteorológicas;
h) Localização dos estudos de vazão dos rios e reservatórios (ADASA)
i) Contra verificação e do estado atual e projetado para 2030 de captação, consumo e perdas urbanas

Portanto, elaborou-se o mapeamento de vulnerabilidade, integrando os dados analisados e apresentando visualmente a indicação de localização das Regiões administrativas do DF, conforme apresentado na Figura 36 a seguir.

Consulta Pública

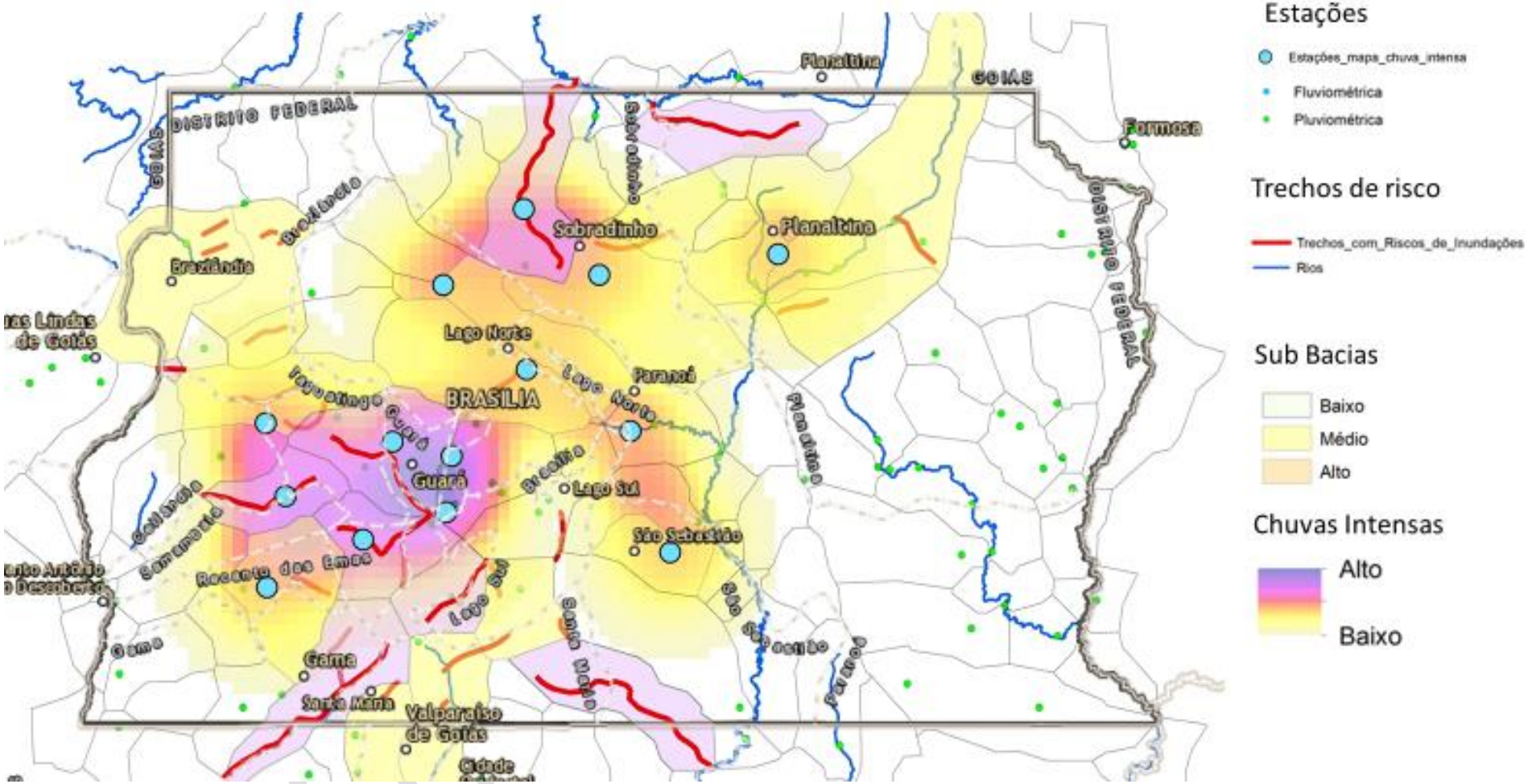


Figura 36. Mapeamento de vulnerabilidade, integrando as classificações anteriores com indicação de localização das Regiões administrativas do DF.
Fonte: Elaboração própria.

2.2. SUGESTÕES DE AÇÕES DE REDUÇÃO DE VULNERABILIDADES

As áreas de recargas dos lençóis freáticos devem ser identificadas pelo tipo de uso, grau de intensidade de uso por outorgas, vazão, produção e estado de conservação da vegetação nativa ou vegetações que permitam a manutenção dos mananciais. A agricultura deve ser observada e avaliada pelo tipo de irrigação que possui melhor adequação para a manutenção da recarga com atividades ecológicas. Em complemento a tal abordagem, sugere-se que novas áreas de unidades de conservação em zonas em torno de nascentes sejam estabelecidas em lugares estratégicos para manutenção das áreas de recarga destes aquíferos.

Outra ação necessária é reduzir as perdas por poços clandestinos ou canalizações inadequadas, mau uso do solo em áreas sensíveis ou manejos inadequados da paisagem e do solo. Tais práticas humanas precisam ser monitoradas e convertidas por usos mais adequados e adaptados em cada localidade. Um exemplo interessante de gestão ocorreu durante a crise hídrica de 2017/2018, a chamada “alocação negociada no Ribeirão Extrema”. A Figura 37, a seguir, apresenta a localização geográfica do Ribeirão Extrema e do Alto Rio Jardim, em relação a malha de rios e lagos presente no Distrito Federal.

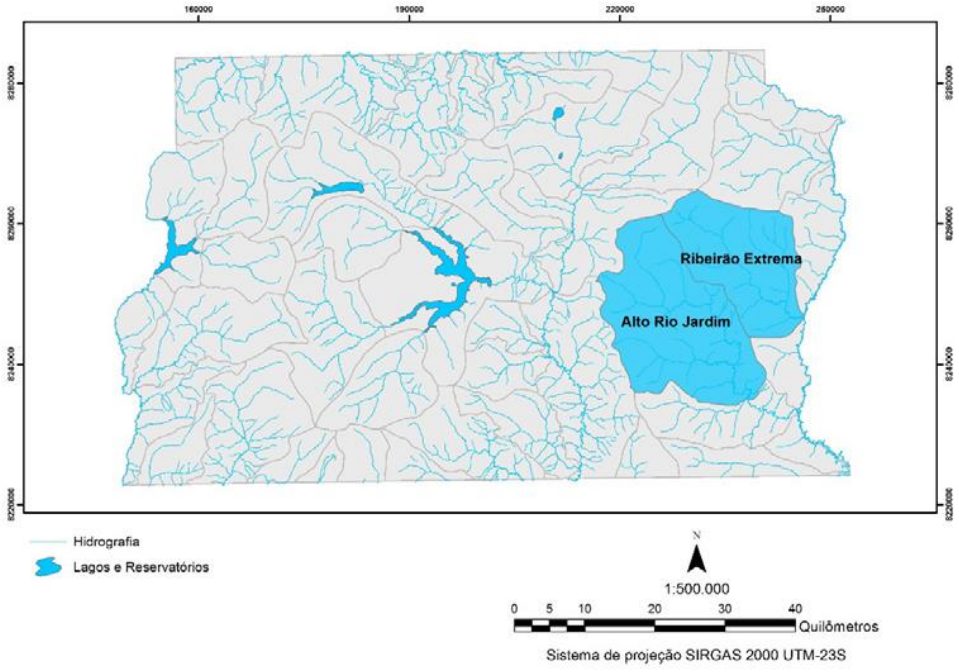


Figura 37. Mapa com a localização geográfica do Ribeirão Extrema e do Alto Rio Jardim. Fonte: ADASA; CAESB; SEAGRI; EMATER (2018)

Consulta Pública

Segundo ADASA; CAESB; SEAGRI & EMATER (2018) o processo de alocação negociada na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema (UH Extrema), tributário da Bacia do Rio Preto, teve o seu começo com o diagnóstico dos usos, identificando

> "... a existência de 29 pivôs distribuídos em 22 propriedades, totalizando 1.318 hectares. A EMATER e a ADASA apresentaram os dados de vazão da UH Extrema aos produtores e, em conjunto, criaram estratégias para o uso otimizado da água. A primeira estratégia foi dividir os produtores em 3 grupos – início, meio e fim da UH Extrema. Nos Grupos 1 e 2, somente 5 pivôs poderiam rodar nos mesmos dias e, no Grupo 3, composto por 6 pivôs, somente 4 poderiam funcionar nos mesmos dias".

A figura abaixo apresenta a distribuição dos 3 grupos, a localização dos pivôs e das áreas captação identificadas.

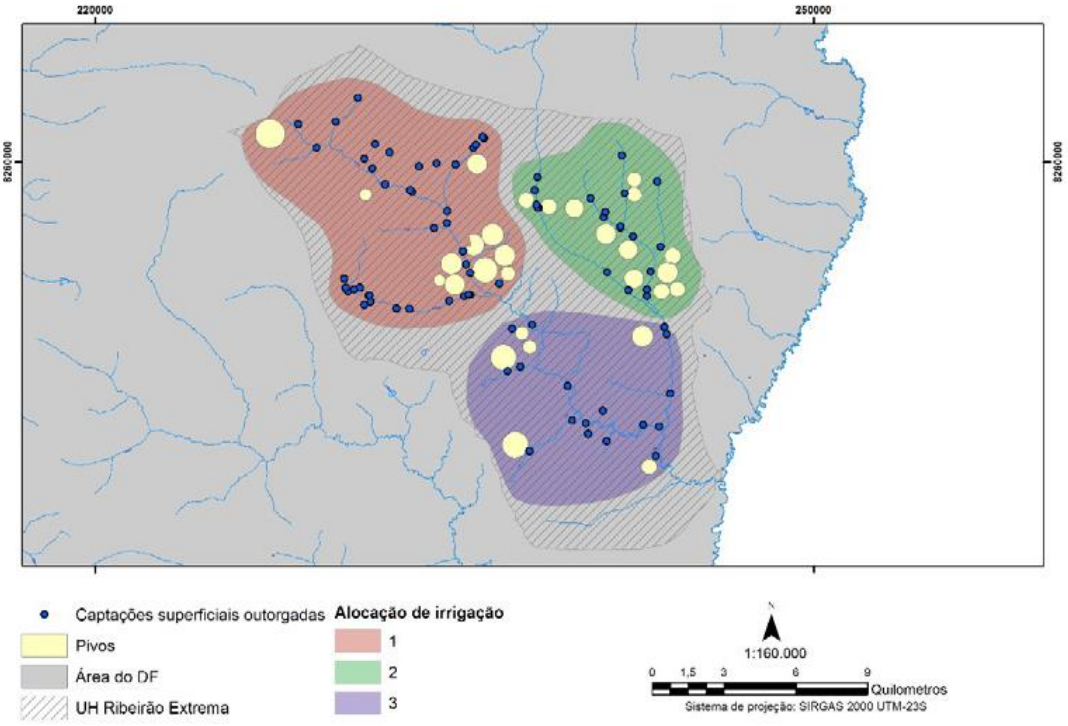


Figura 38: Acordo de Alocação negociada UH Ribeirão Extrema
Fonte: ADASA; CAESB; SEAGRI; EMATER (2018)

Posteriormente ao diagnóstico, criou-se então o 'Calendário de Irrigação' para os grupos,

> “definindo que, a cada dois dias, metade dos pivôs eram ligados. Foram criados também, um grupo no aplicativo WhatsApp composto por técnicos da Emater-DF e produtores para troca de informações e avisos sobre quaisquer imprevistos na irrigação. Como terceira estratégia e prevendo um ano com mais estiagem, ficou acordado em reunião, a diminuição da captação de água em 50%, e, desta forma, todos os produtores reduziriam pela metade a área plantada”.

No caso o Rio Jardim (UH Rio Jardim), o diagnóstico para a área irrigada por pivôs centrais foi de

> “4.650 hectares distribuídos em 72 equipamentos envolvendo 25 produtores, e mais três áreas com outros tipos de equipamentos de irrigação. O limite da área irrigada no inverno, que na região é durante o período seco, é de aproximadamente 950 hectares, dependendo da cultura trabalhada, ou seja, ultrapassando o limite em 3.700 hectares de área irrigada, considerando os meses de setembro e outubro, que são os meses em que a vazão disponível é a menor do ano. Como a área irrigável no inverno é bem menor que a área instalada, estabeleceu-se que haveria revezamento anual entre os produtores, de modo que cada um possa utilizar a irrigação neste período sem deixar alguns prejudicados”

A figura abaixo apresenta o resultado cartográfico da alocação negociadas com a localização dos pivôs e das áreas captação identificadas.

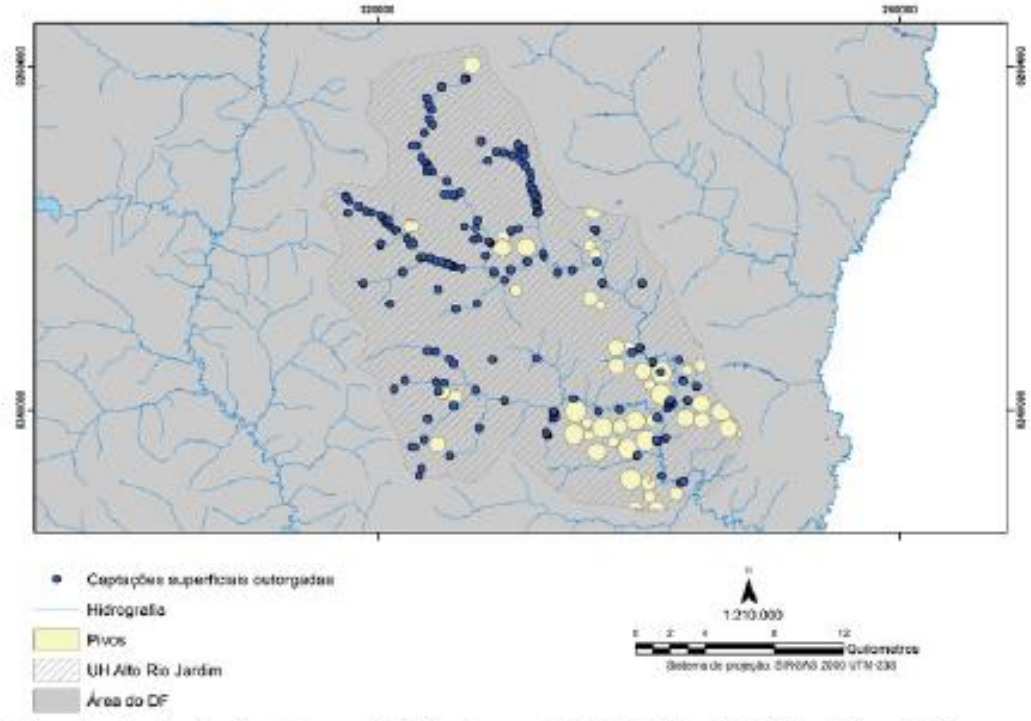


Figura 39: Acordo de Alocação negociada UH Alto Rio Jardim
Fonte: ADASA, 2017

Versão Pública

O passo seguinte foi elaborar uma planilha de plantio dos produtores, considerando a demanda de água para cada e efetivamente do coletivo. Tal processo foi construído por meio de reuniões participativas, gerenciando os conflitos e negociando o planejamento individualizado, adiantamento ou adiamento das datas de plantio, substituição de culturas, “a suspensão de plantios de modo a ajustar a demanda do uso da água e a sua disponibilidade na bacia, e a avaliação da distribuição espacial para não acumular captações em pontos específicos”. A partir daí subdividiu-se em dois grupos para revezar o excesso de captação.

> A elaboração da planilha de cálculo de necessidade de água considera um consumo de água da ordem de 6 mm/dia, para cada cultura, aplicando-se semanalmente o coeficiente de cultura (Kc) associado à época de plantio, de modo que é possível estimar a vazão total do sistema consumida em cada semana.
>
> Para monitorar a vazão do Rio Jardim e do Ribeirão Extrema, a ADASA instalou uma estação de medição de vazão automática próximo à foz do rio, com medições a cada 15 minutos. Desta maneira, foi possível verificar instantaneamente algum excesso de utilização do recurso hídrico.

Os dados contendo os resultados colhidos pelas estações 42450900 (Ribeirão Jardim DF-100) e 42450510 (Extrema DF-100), estão disponíveis nas figuras a seguir:

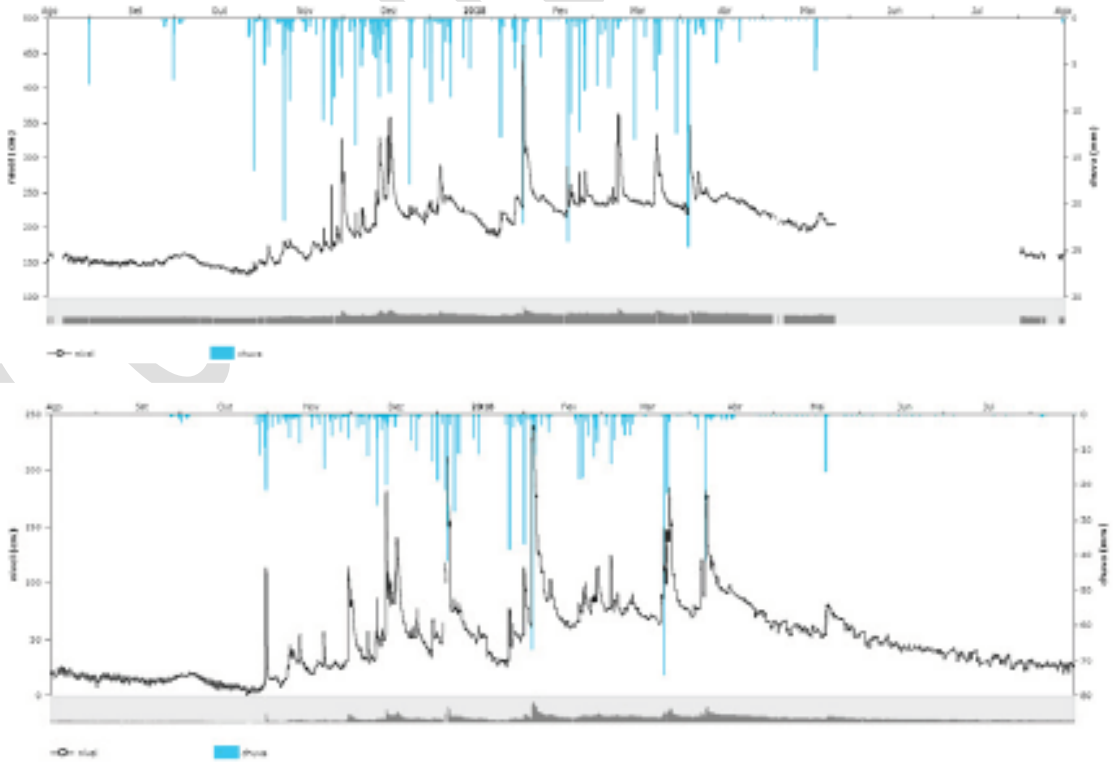


Figura 40: Dados colhidos pelas estações do Ribeirão Jardim e Extrema DF-100.
Fonte: ADASA, 2017

Ressalta-se que todo o processo de aquisição de equipamentos pelos produtores, definição de painéis e planilhas de e monitoramento dos resultados foi acompanhado e homologado pela ADASA em substituição ao instrumento de outorga.

Portanto, para redução de vulnerabilidade propõe-se a ampliação dos sistemas de acordos de alocação negociadas e ampliação do monitoramento para outras regiões hidrográficas e, também, para as áreas urbanas. É preciso ainda operacionalizar um manejo de paisagens integrado, definindo áreas com florestas ou vegetação nativa que ajudam na interceptação do escoamento extremo no leito de rios, criando uma barreira natural evitando assim a propagação acelerada dos alagamentos e evitando as inundações, e carreamento de sedimentos. Para tanto, devem-se ser observadas as expansões e os tipos de usos do solo que, dependendo do tipo de manejo de criação de animais, podem ocasionar maior compactação do solo e prejudicar a infiltração de água no solo, principalmente próximos as margens de matas ciliares.

Com relação ao tratamento da estiagem para o abastecimento de água para consumo humano, a partir da análise do exemplo do reservatório do Descoberto, ficou evidente que será necessário ampliar a oferta de novos reservatórios. Apesar de existir um plano de construção de uma captação de água do lago da Hidrelétrica de Corumbá IV, localizada no Estado de Goiás, como o escopo deste trabalho foi limitado ao território do Distrito Federal não serão tecidas maiores análises sobre o tema. Porém, ressalta-se que há alternativas dentro do território do DF, que apresentariam, potencialmente menor custo de captação, em especial considerando a necessidade de consumo de energia para bombear a água de Corumbá IV em uma distância de dezenas de quilômetros até chegar as estações de tratamento e distribuição de Brasília.

Entretanto, ressalta-se que o a existência de planejamento de lago/reservatório adicionais aqueles existentes, isto é, Descoberto, Santa Maria e Paranoá, data de um período bastante anterior. Como pode ser identificado no cartograma a seguir, havia desde a década de 1970 o projeto de estabelecimento de um lago/reservatório adicional no Rio São Bartolomeu.

Consulta Pública

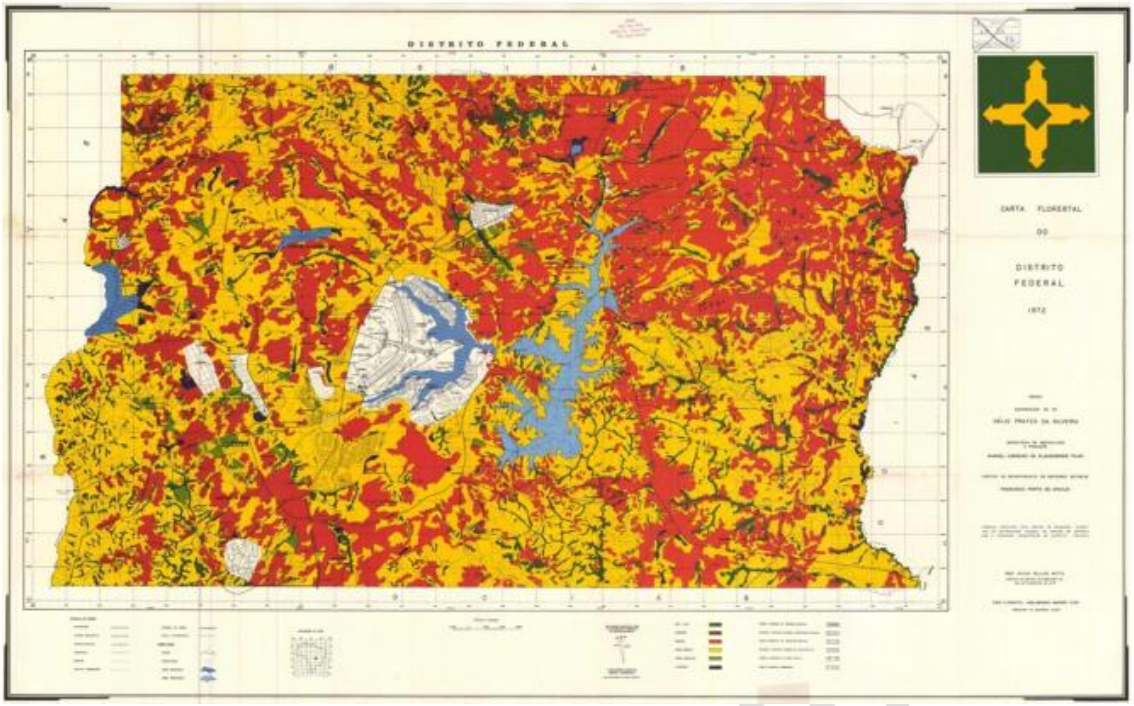


Figura 41: Carta Florestal do DF – ênfase no Lago Projetado do Rio São Bartolomeu
Fonte: Neto e Flor, 1972

O Lago projetado no Rio São Bartolomeu não foi implementado, porém, ressalta-se que, além da capacidade de retenção de água para enfrentar as variabilidades naturais e futuras do clima, a existência de lagos no território auxiliaria no processo de ampliação da umidade do ar durante o período de seca, trazendo benefícios para além do abastecimento de água para a população do DF. O Lago projetado como pode ser visto na figura 41 acima, teria área bastante superior ao Lago Paranoá.

Entretanto, após as análises das diferentes camadas aplicadas no sistema de informações geográficas, identificou-se que a opção mais viável para introdução de um novo reservatório aparenta ser no rio São Bartolomeu realmente. Este rio está a jusante da barragem do Paranoá, logo sua vazão pode ser controlada. A calha apresenta maior profundidade e menor lâmina d'água e, dentre outros aspectos aparenta ter melhor custo-benefício.

A Bacia do Rio São Bartolomeu, no centro-leste do DF, corresponde a mais de 20% do território, apresenta urbanização moderada, atendendo as regiões administrativas Sobradinho I e II, Planaltina, São Sebastião e parte do Paranoá. A maior parte da área da Bacia do Rio Bartolomeu ainda apresenta características de uso para práticas rurais. Um dos motivos é o relevo acidentado em sua porção central, que

Consulta Pú

dificulta a construção de edificações e o aproveitamento do solo para a agricultura. (DINIZ, 2019).

De qualquer maneira, a figura 42, a seguir, apresenta diversas áreas propostas de eventuais novos locais para operacionalização de novos lagos/reservatórios, considerando os modelos de elevação do DF e com cotas máximas equivalentes ao do Lagos existentes, inclusive, uma eventual nova configuração do lago planejado do Rio São Bartolomeu com área bastante inferior àquela planejada na década de 1970.

Como pode ser observado na figura 42, aplicou-se a possibilidade estabelecimento de áreas alagadas para fins de construção de reservatórios com as cotas de 800 e 880 metros de altitude em todo o território do Distrito Federal. No cartograma estão em cor cinza as áreas atuais de espaço urbano para melhor facilitar a identificação de que há pouca necessidade de deslocamento populacional para realizar tais empreendimentos.

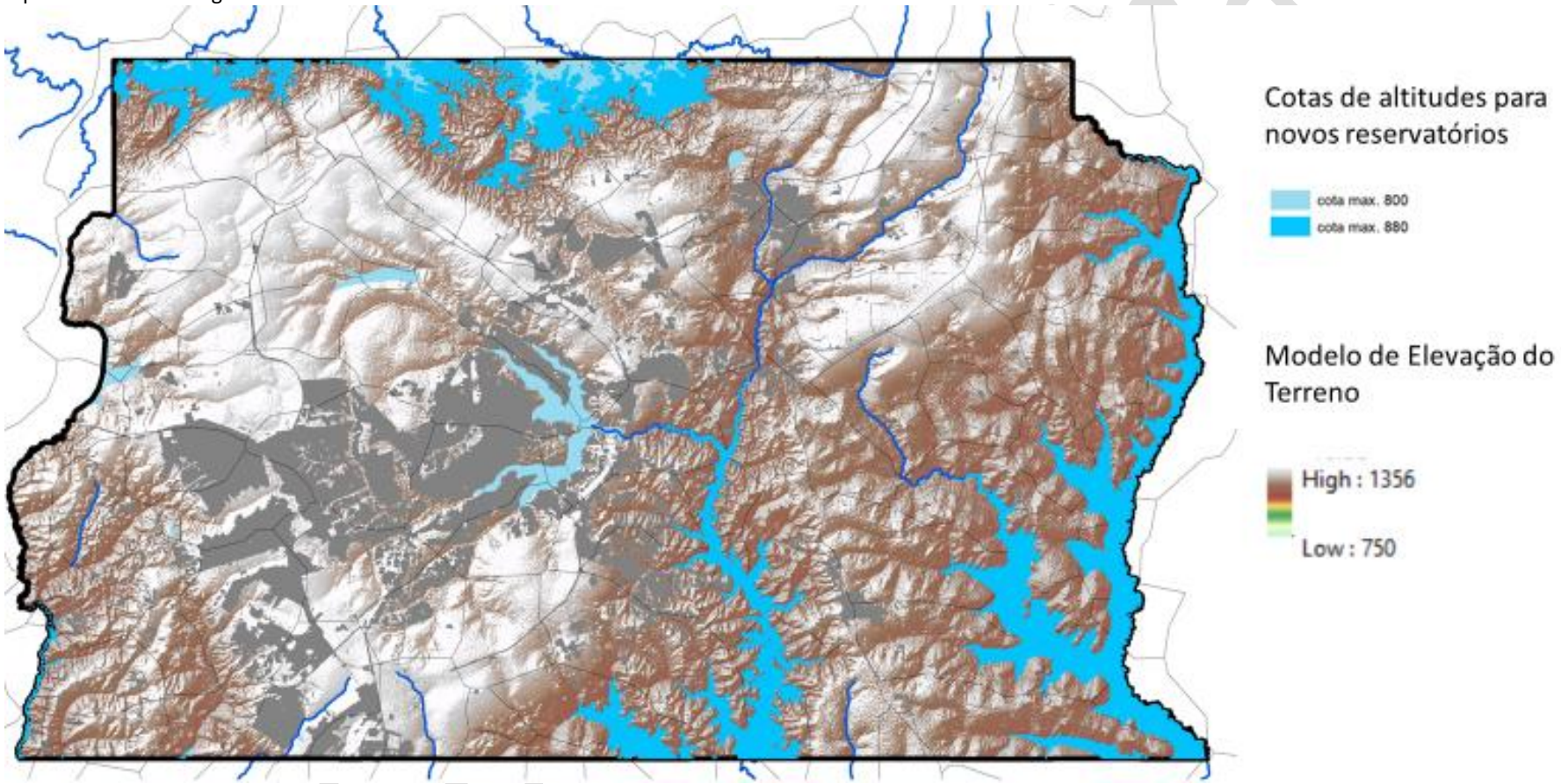
Ao norte do DF, as áreas de terrenos de solos cársticos ricos em calcário, apresentam mineração e, consequentemente, podem representar problemas futuros com a contaminação do lençol para uso da água para a população. A região a leste apresentam cotas geralmente de 880 metros de altitude, demandando maior lâmina d'água para sua realização.

Pode ser analisada a integração dos aspectos de alta vazão dos excessos de chuvas em regiões com alagamentos combinados com abastecimento ou irrigação por canais, dutos ou simplesmente drenagens para posicionar novos reservatórios destinados a acumular as águas e melhorar a disponibilidade hídrica em períodos de escassez hídrica.

Porém, ressalta-se que na bacia do Rio São Bartolomeu, um de seus principais afluentes, o Ribeirão Pipiripau, já há processo de captação a fio d´água, apesar de ser uma região com perfil propício para atividade agrícola e produção relevante. Ressalta-se que, tal abordagem pode ser apresentada como outra alternativa, que poderia ser operacionalizada de maneira faseada. Isto é, estabelece-se um programa de captação a fio d´água, contando com a evolução gradativas dos processos de gestão de paisagens e construção futura de reservatórios, com o intuito de ampliar a resiliência e redução das vulnerabilidades do abastecimento de água para a população crescente do DF.

Consulta Pública

Figura 42:Proposta de eventuais novos locais para operacionalização de novos lagos/reservatórios, considerando os modelos de elevação do DF e com cotas máximas equivalentes ao do Lagos existentes.



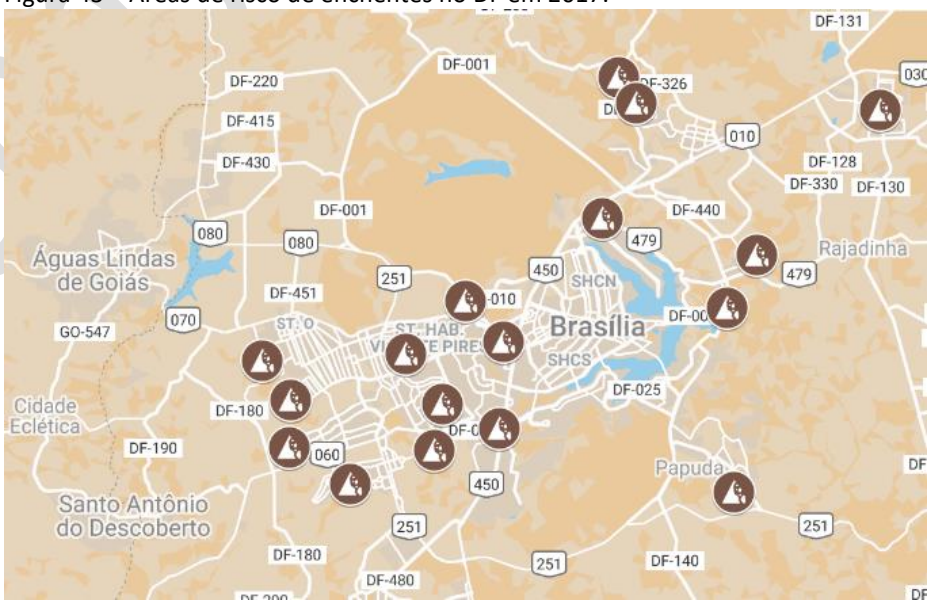
Fonte: Elaboração própria

Em complementariedade as questões de estiagem e seca, conforme apresentado anteriormente no mapa de vulnerabilidade, caracterizou as áreas contendo maiores riscos de alagamentos, inundações e enchentes. Os dados apanhados por esta análise também são complementares ao levantamento realizado pela Secretaria da Segurança Pública e da Paz Social Distrito Federal apresentado 13/11/2017. Segundo a Secretaria há no DF 36 áreas de risco, distribuídas por 18 regiões administrativas.

Deslizamentos, enchentes e enxurradas, entre outros problemas causados pela água, têm danos reduzidos em áreas com infraestrutura adequada. Para um local ser considerado de risco, é calculada uma proporção entre ameaça e vulnerabilidade. A própria chuva é uma ameaça, assim como o descarte de lixo na rua e as ocupações irregulares. Falta de saneamento básico, precariedade (ou até ausência) de sistema de drenagem e ruas não pavimentadas são sinais de vulnerabilidade. Combinadas, elas formam as áreas de risco.

Desenvolvido pela Defesa Civil em 2015, o mapeamento das áreas de risco estabelece metas e a cada ano, 25% do mapa deve ser atualizado. Na capital do País, há 4.733 residências em áreas de risco. A Defesa Civil calcula uma média de quatro pessoas por unidade habitacional, o que resulta em aproximadamente 19 mil moradores (ou cerca de 0,6% do DF). Os riscos incluem desabamento, incêndio, eletrocussão, entre outros. As áreas de risco têm diminuído em função de ações estruturais.

Figura 43 – Áreas de risco de enchentes no DF em 2017.



Fonte: Secretaria da Segurança Pública e da Paz Social.

Consulta Pública

As 18 regiões administrativas com áreas de risco no DF são:

- Águas Claras
- Ceilândia
- Estrutural
- Fercal
- Itapoã
- Núcleo Bandeirante
- Paranoá
- Planaltina
- Recanto das Emas
- Riacho Fundo
- Samambaia
- Santa Maria
- São Sebastião
- Setor de Indústria e Abastecimento
- Sobradinho II
- Taguatinga
- Varjão
- Vicente Pires

Para este estudo analisamos a precipitação nestas áreas para analisar os dados existentes e a situação no final de 2019. Contudo, ao analisarmos esses locais com os dados das estações pluviométricas da ANA, verifica-se que a qualidade e a abrangência dos dados não são satisfatórias para uma análise mais acurada.

A primeira dificuldade é que há muitas estações nesses locais que estão fora de serviço e em outros locais não há estações pluviométricas. Nesse sentido, uma recomendação deste plano é a colocação, junto com a ANA, de estações pluviométricas nessas regiões onde há enchentes frequentes.

Utilizando as estações pluviométricas existente, os pontos de enchente acima resumem-se a 14 Regiões Administrativas, com a agregação de regiões onde há apenas uma estação pluviométrica. O resultado dessa primeira agregação resultou nas seguintes estações pluviométricas e respectivas regiões administrativas abrangidas.

Consulta Pública

Figura 44 – Dados disponíveis por estação pluviométrica nas regiões com enchentes frequentes

Mês/ano	Planaltina 1547002	Noroeste Varjão 1547009	Sobradinho II 1547015	Santa Maria 1547017	Águas Claras Estrutural Vicente Pires 1547018	Itapoã Paranoá 1547020	Núcleo Bandeirante 1547023	SIA 1547032
Meses disponíveis com dados	473	562	498	434	38	429	40	221
Período abrangido	8/73 a 3/13	1/71 a 9/19	10/72 a 9/19	9/78 a 9/19	7/16 a 9/19	1/79 a 9/19	9/84 a 1/88	4/02 a 8/20
Anos com dados	40	48	47	41	3	40	4	18
Precipitação máxima	571,6	554,1	653,5	556,5	388,8	575,5	310,2	505,1

Mês/ano	São Sebastião 1547048	Fercal 1547052	Ceilândia 1548006	Riacho Fundo Samambaia 1548010	Recanto das Emas 1548033	Taguatinga 1548037
Meses disponíveis com dados	140	77	556	467	132	80
Período abrangido	5/07 a 9/19	6/09 a 2/17	1/71 a 9/19	11/78 a 9/19	6/07 a 9/19	7/09 a 2/18
Anos com dados	12	8	48	41	12	9
Precipitação máxima	427,9	379,8	565,2	643,7	491,6	565,5

Fonte: Elaboração própria com dados da ANA.

Consulta Pública

Da figura acima vemos que, das dezoito regiões administrativas com enchentes frequentes, há quatorze estações pluviométricas cobrindo essas regiões, das quais apenas sete com mais de 40 anos de medições.

Para essas regiões, foi feita a análise de *box-plots*, apresentando-se, inicialmente, a análise para as 7 regiões a seguir, da região administrativa com a maior precipitação máxima para a menor, mas considerando apenas aquelas com dados pluviométricos para mais de 40 anos.

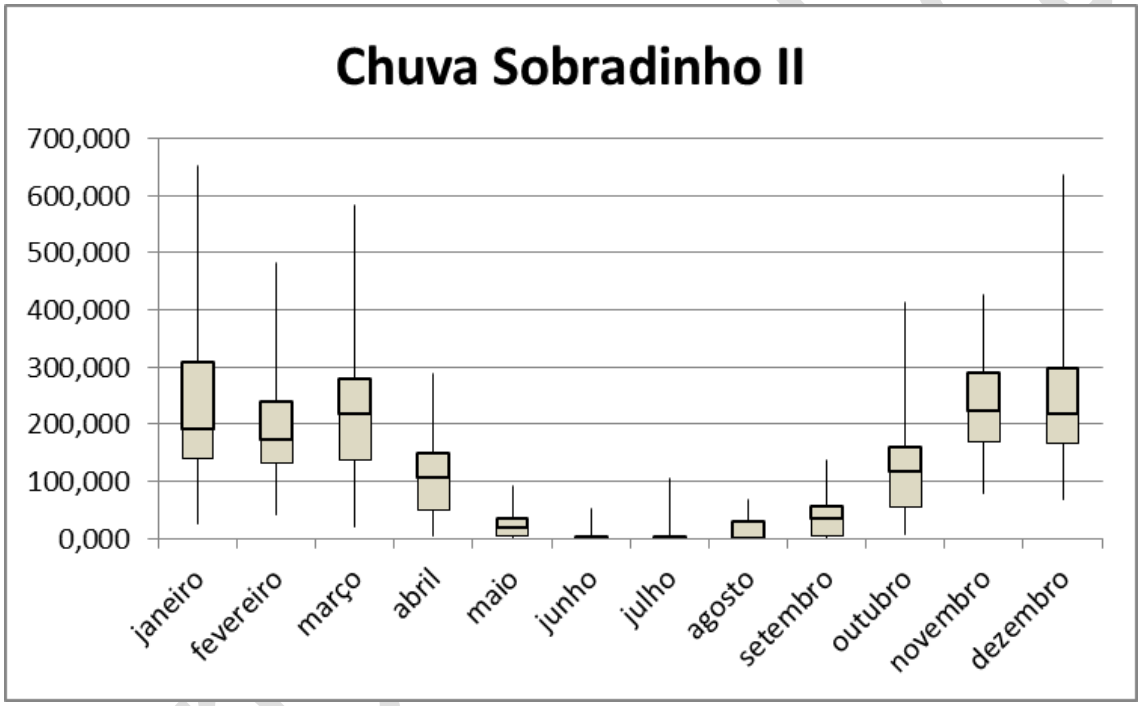


Figura 45: Análise de Box-plot para chuva na Estação Sobradinho II,
Fonte: Elaboração própria.

Consultoria

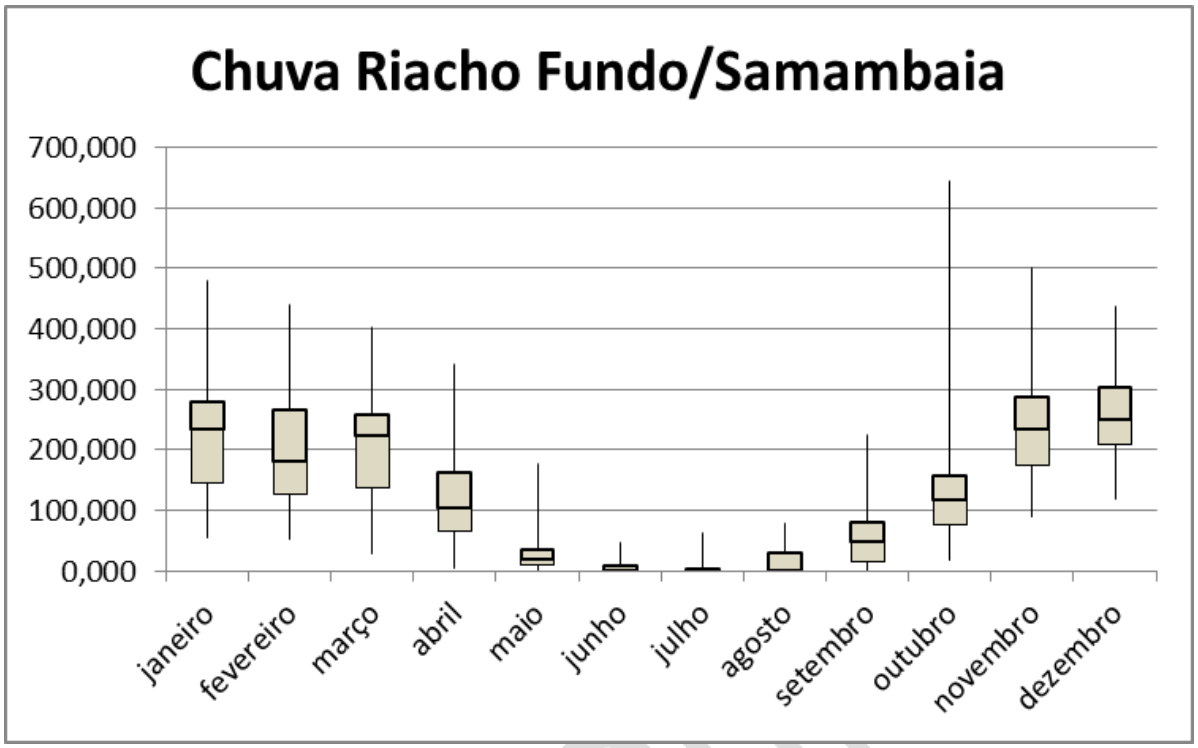


Figura 46: Análise de Box-plot para chuva na Estação Riacho Fundo/Samambaia
Fonte: Elaboração própria.

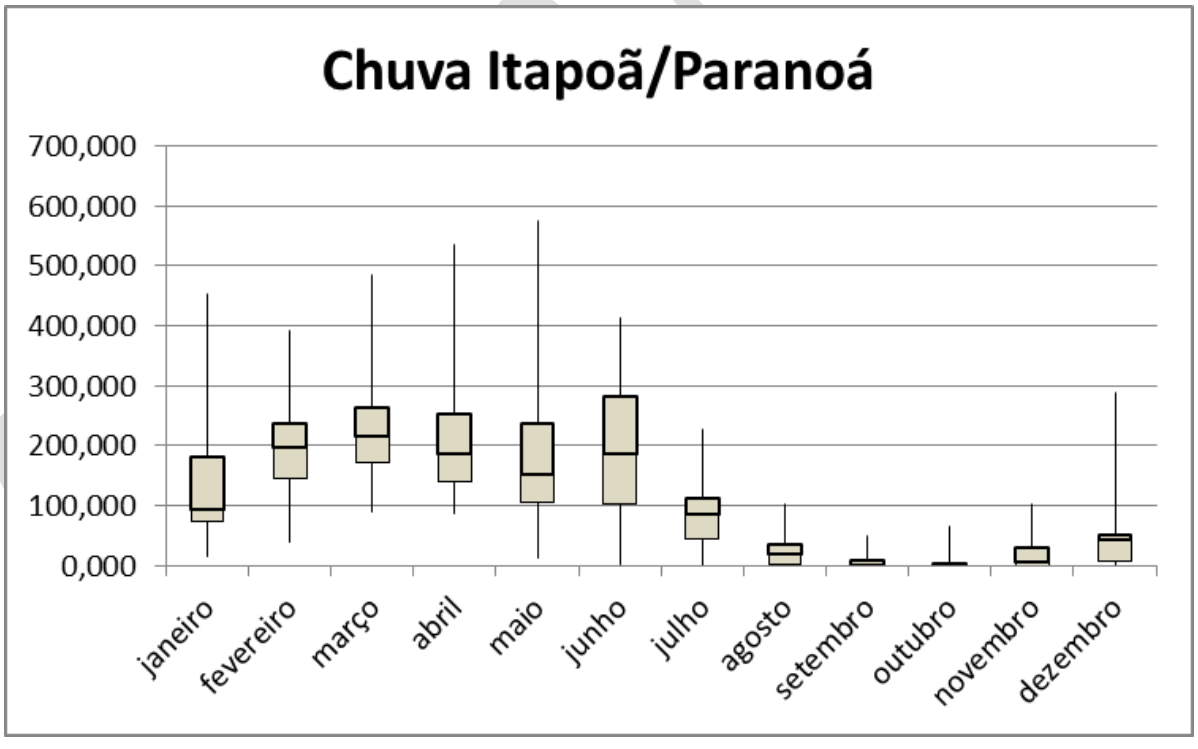


Figura 47: Análise de Box-plot para chuva na Estação Itapoã/Paranoá
Fonte: Elaboração própria.

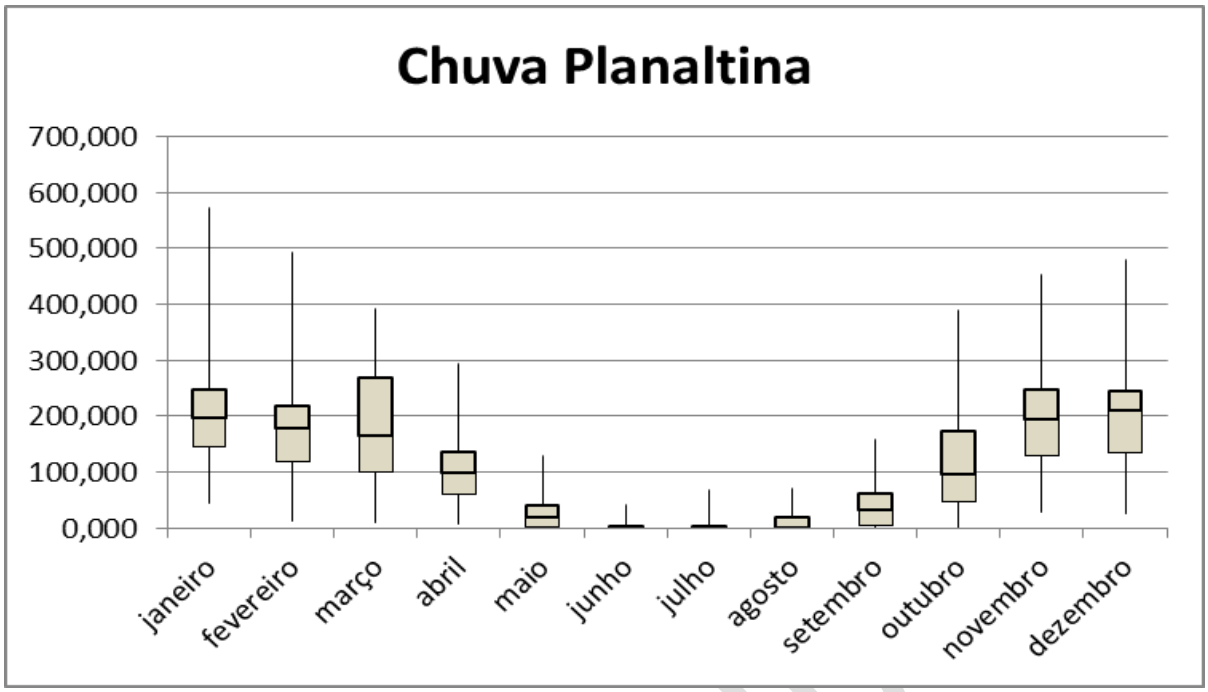


Figura 48: Análise de Box-plot para chuva na Estação Planaltina
Fonte: Elaboração própria.

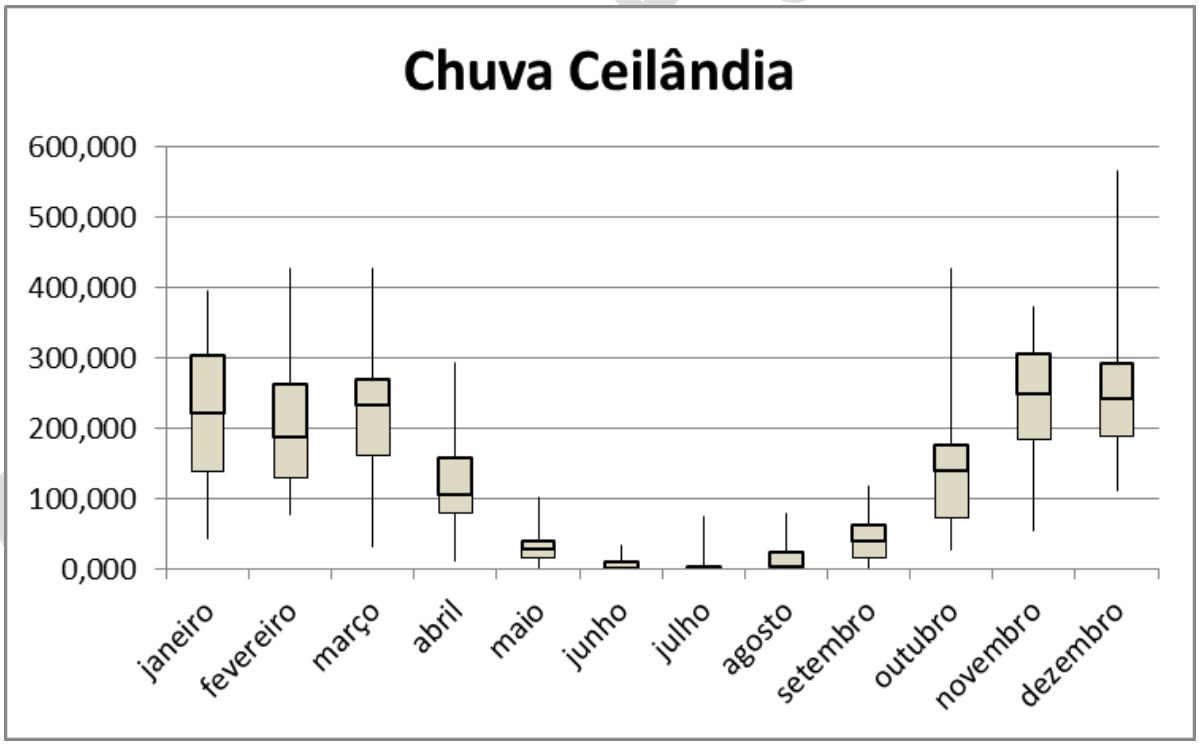


Figura 49: Análise de Box-plot para chuva na Estação Ceilândia
Fonte: Elaboração própria.

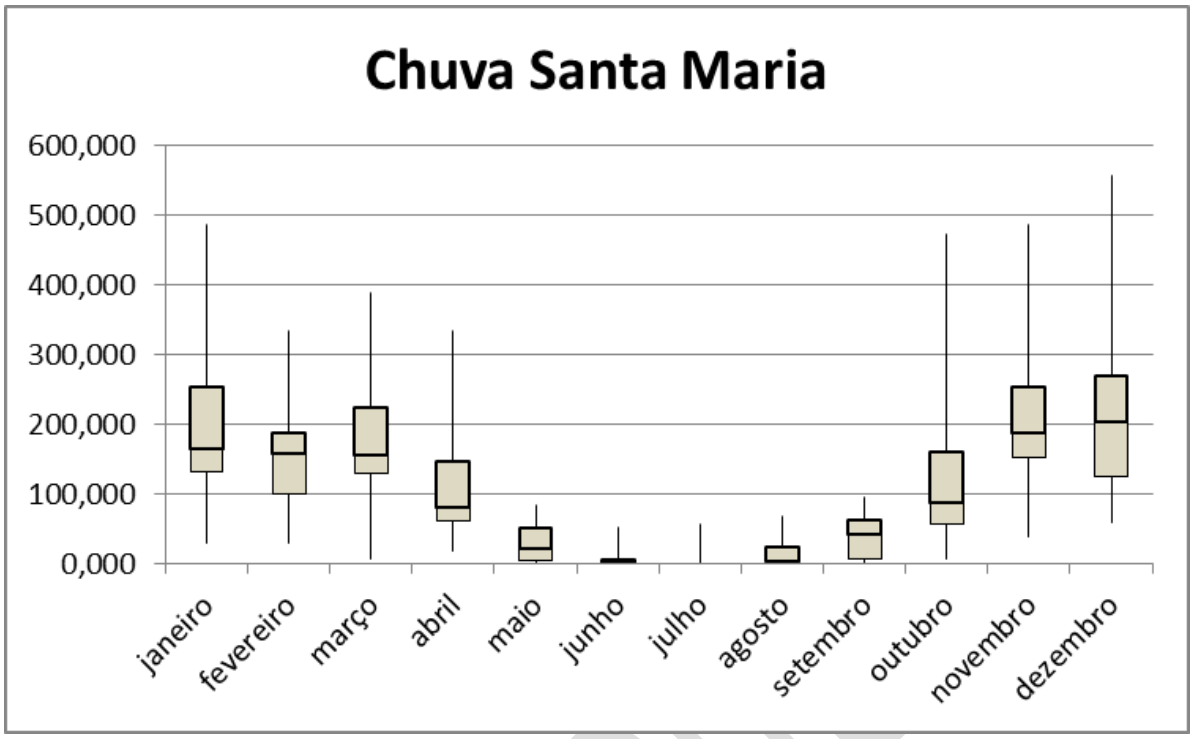


Figura 50: Análise de Box-plot para chuva na Estação Santa Maria
Fonte: Elaboração própria.

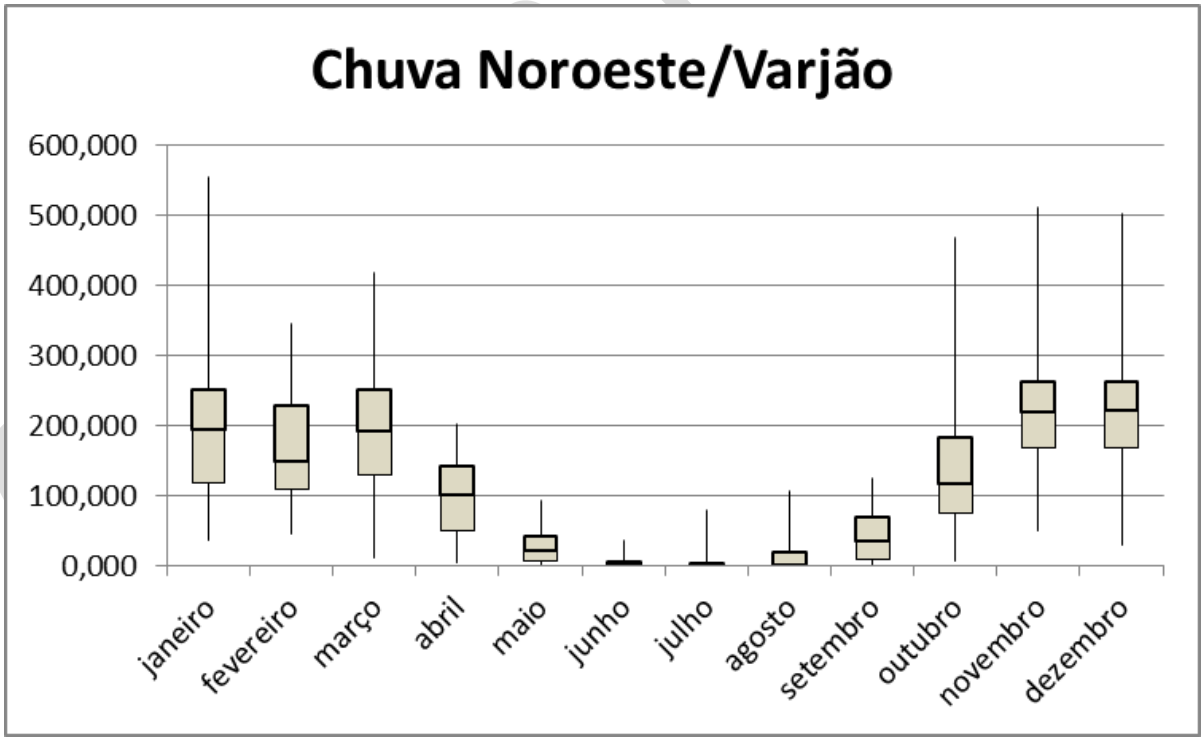


Figura 51: Análise de Box-plot para chuva na Estação Noroeste/Varjão
Fonte: Elaboração própria.

A análise mostra que a diferença entre a precipitação máxima e o 3° Quartil é muito expressiva e deverá ser agravada nos cenários futuros de eventos extremos, conforme feito para o Reservatório do Descoberto.

Sugere-se, que uma análise mais detalhada deveria ser feita, em particular, utilizando a variação da vazão dos rios que passam por essas regiões de enchentes frequentes e analisar o efeito combinado, além de analisar a variação esperada para os percentis 90° no caso de eventos extremos nos cenários moderado (sensibilidade de 10%) e extremo (sensibilidade de 20%).

No caso das regiões com poucos anos de dados pluviométricos, menos de 18 anos, destaca-se que áreas com enchentes frequentes como Fercal e Vicente Pires têm uma cobertura de dados pluviométricos muito pequena, respectivamente, de 8 anos e 3 anos, o que ressalta a urgência de rever o estabelecimento de estações pluviométricas nessas localidades e um trabalho conjunto do DF com a ANA para modificar a situação das localidades com menos de 18 anos, em especial, das 4 regiões com menos de 10 anos. Outra preocupação é que apenas a estação pluviométrica do SIA tem dados medidos após setembro de 2019, o que mostra a falta de cuidado de manutenção das estações pluviométricas e seu funcionamento permanente e contínuo.

Sugere-se que, para redução de vulnerabilidade e ampliação de resiliência dos locais identificados, sejam feitas intervenções sequenciadas à medida que os recursos estejam disponíveis:

a) no curto prazo operacionalização de um sistema de alertas precoces. Este modelo aplicaria o monitoramento das ocorrências de eventos climáticos extremos com um diagnóstico detalhado da população que eventualmente poderia ser afetada considerando o modelo de escoamento superficial, considerando a sensibilidade da infraestrutura urbana de drenagem dos 36 pontos identificados.

b) estabelecimento de 7 pilotos de captação e armazenamento de águas nas áreas prioritárias, inspirados no modelo realizado em Barcelona (Espanha) do Parque

Consulta Pública

Güell[8], projetado pelo arquiteto Antoni Gaudí[9]. Para melhor detalhar a dinâmica do escopo de tal proposta, foi elaborado o **Anexo I** deste produto, onde são apresentadas fotos e descrições históricas para melhor fundamentar essa proposta em seu aspecto hídrico. Ressalta-se que, a função de tal proposta, contudo, vai além da mudança de infraestrutura e dos aspectos hídricos apresentados no Anexo I, uma vez que o Parque Güell é um dos Parques com maior número de visitantes de Barcelona. Da mesma forma, ressalta-se, que a proposta considera que, a criação de parques com o mesmo intuito no DF, deveria ser adaptada à realidade arquitetônica e do bioma da capital brasileira, em outras palavras, o ideal é que as estruturas de captação e armazenamento de água sigam o padrão de gestão de paisagens, considerando as espécies do cerrado e as colunas típicas da arquitetura modernista de Brasília;

c) ampliação gradual da operacionalização da lógica de parques resilientes para serem implantados tanto nas 36 localidades de maiores riscos encontradas no DF, como nas regiões com linhas vermelhas da figura 36.

Complementarmente, para adaptação nas áreas críticas de inundações que perpassem áreas verdes, como por exemplo, nas quadras urbanas do plano piloto, sugere-se que seja analisada a possibilidade de construções de reservatórios de grande capacidade (piscinões) sob as áreas verdes dessas quadras, de modo a canalizar, desviar e direcionar o grande fluxo de água em chuvas torrenciais para armazenamento nesses reservatórios e evitar as situações como mostradas na capa deste plano de enxurrada nas tesourinhas.

Um exemplo desta medida de adaptação que pode ser visto na figura 33, na linha amarela de risco de inundação do plano piloto na região desde o Noroeste até a SQN 811, passando pelas SQN 511 até 411. A proposta seria desviar a água que desce de oeste para leste pelas tesourinhas para esses reservatórios sob as áreas verdes das quadras no trajeto e armazená-las para uso posterior.

[8] Eusebi Güell i Bacigalupi, conde de Güell (Barcelona, 1846— Barcelona,8 de julho de 1918) foi um industrial e político catalão.

[9] Antoni Gaudí i Cornet (Reus ou Riudoms, 25 de junho de 1852—Barcelona,10 de junho de 1926) foi um famoso arquiteto espanhol e figura de ponta do Modernismo catalão. As obras de Gaudí revelam um estilo único e individual e estão em sua maioria na cidade de Barcelona.

Consulta Pública

Essa água armazenada nos reservatórios sob a área verde das quadras, de modo similar à proposta de parques como o Parque Güell, poderia ser utilizada pelos habitantes dessas quadras para usos diversos, tais como limpeza geral e irrigação de plantas e árvores, sem usar água tratada para tais fins.

Outra alternativa seria, nas áreas verdes, associar os reservatórios aos parques, reservando um uso mais nobre para os reservatórios dos parques, que teriam água filtrada por areia e brita, daquele uso das águas acumuladas nos reservatórios nos períodos de excesso de chuva, não filtradas, que teriam usos mais gerais e não de abastecimento de água potável pelos condomínios das quadras.

3. SUGESTÃO DE TRATAMENTO PRELIMINAR DE SETORES NÃO ABORDADOS NO PRODUTO

Conforme já apresentado, anteriormente, o projeto GEF/CITinova, apoiado pela equipe do INPE/CPTEC, analisou cenários de regionalização ('downscaling') para a região do DF e entorno, usando os dados de quatro modelos climáticos globais (MIROC5, HadGEM2-ES, CanESM2 e BESM), utilizando Modelo Eta do INPE e dois cenários de cenários de emissão de gases de efeito estufa do IPCC, RCP 4.5 e RCP 8.5. Entre os principais resultados encontrados, ressaltou-se as implicações dos impactos adversos para os seguintes setores, além dos recursos hídricos (menor disponibilidade de água para os reservatórios):

- Agricultura: menos chuva durante as quatro estações do ano, aumento de dias de estiagem e ondas de calor;
- Energia: maior consumo de energia elétrica – dias mais quentes; menor disponibilidade de energia hidroelétrica; maior disponibilidade de radiação solar para energia solar;
- Mobilidade: temperaturas mais altas e aumento de chuvas fortes
- Saúde: temperaturas mais altas, ondas de calor, umidade baixa

Consulta Pública

Como apresentado abaixo, tratou-se os setores supracitados com base nos preceitos setoriais previstos no Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA, Brasília 2016). No plano, aponta-se que no Brasil, as inundações, a seca e a estiagem foram responsáveis por mais de 90% dos desastres naturais ocorridos. Nesse sentido, justifica-se a decisão de neste projeto de focar na análise desses dois aspectos para o DF, enchentes, nos principais pontos de inundação, e secas para análise dos reservatórios de abastecimento de água do DF, apesar de serem apenas dois aspectos dos cinco setores abordados no projeto anterior: recursos hídricos (menor disponibilidade de água nos reservatórios) e mobilidade (aumento de chuvas fortes) porém, considerados neste projeto, como os de maior importância para o DF.

Deve-se acrescentar que, diferente de inventários de gases de efeito estufa ou planos de mitigação de emissões de gases de efeito estufa, onde existem metodologias para quantificação, no caso de adaptação, por sua natureza local e pela característica de vulnerabilidade depender, não apenas de variáveis climáticas, mas também de variáveis socioeconômicas (relativas à exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa), optou-se por fazer a abordagem exaustiva nesses aspectos de suprema importância e propor alternativas para os dois aspectos fundamentais para análise de adaptação: disponibilidade de água para reservatórios e aumento de chuvas fortes, dados o prazo exíguo, o orçamento para esta etapa e a complexidade de abordar mais quatro setores que representam pouco em termos de desastre naturais e, portanto, representam parcela menor dos impactos de mudança do clima estimados, apesar de igualmente relevantes, mas demandariam para cada setor uma abordagem específica e bases de dados e indicadores setoriais que iriam requerer maior tempo para levantamento e análise dos dados e maiores recursos financeiros e humanos especializados.

Nessa perspectiva, para ser abrangente e cobrir qualitativamente os outros setores apontados e seus aspectos relevantes, resumiu-se do Plano Nacional de Adaptação, dois volumes de mais de 600 páginas, os aspectos considerados relevantes para o DF que possam ajudar no estabelecimento de abordagens e projetos adicionais que complementem a abordagem aqui proposta (para enchentes e períodos de seca

Consulta Pública

para reservatórios) para os outros setores considerados relevantes no projeto GEF/CITinova.

Além disso, deve-se destacar que desses setores, conforme descrito abaixo, o **setor de energia**, particularmente energia elétrica, depende do sistema interligado e está fora do controle do DF, sendo a adaptação aos impactos da mudança do clima feita no nível nacional pela operação nacional do sistema interligado, contudo podendo ser complementado por medidas, já descritas no plano de mitigação com implementação de projetos de parques eólicos e de energia solar e o **setor de agropecuária** tem a base de seu plano de adaptação no Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono) que define estratégia abrangente de adaptação, novamente, no nível nacional, no qual o DF pode ser inserido e complementar suas ações de adaptação.

Os demais setores **mobilidade** (especialmente em relação a temperaturas mais altas) e **saúde** (especialmente em relação a temperaturas mais altas, ondas de calor, umidade baixa) estão intimamente ligados à disponibilidade de água e medidas de uso de tecnologias existentes e novas.

Por isso, a decisão foi de analisar em grande detalhe as formas de adaptação às enchentes e secas ao invés de fazer a análise exaustiva dos setores do projeto GEF/CITinova, mas descrevendo os aspectos relevantes do PNA para o DF, no que se segue, para cada setor **não** analisado neste projeto.

3.1. SETOR AGROPECUÁRIO

As atividades agrícolas respondem de forma direta e indireta às condições meteorológicas: temperatura, radiação solar, chuva, umidade do ar, velocidade do vento e, também, à disponibilidade de água no solo. Oscilações dessas variáveis meteorológicas repercutem no crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade das culturas e criações agrícolas, além do seu efeito em outros elementos dos

Consulta Pública

agroecossistemas, como insetos e outros animais polinizadores ou predadores, microrganismos, aquíferos, entre outros (Ghini, et al, 2011; Hoffmann, 2011).

Além do impacto direto na capacidade produtiva das culturas e espécies animais domesticadas, as alterações dos padrões climáticos têm impacto nos vetores de algumas doenças, insetos predadores e polinizadores, assim como na disseminação de algumas plantas consideradas nocivas aos processos produtivos (Ghini, et al, 2011; Hoffmann, 2011).

A variabilidade dentro do padrão climático é intrínseca ao planejamento do processo de produção de alimentos. No entanto, as projeções climáticas para o Brasil, desenvolvidas a partir dos possíveis cenários considerados nas avaliações internacionais (IPCC, 2014) trazem preocupações quanto aos prováveis aumento médio da temperatura e diminuição da precipitação (Marques et al, 2013).

Além disso, projeções apontam para alterações na distribuição sazonal da precipitação, com maior concentração de chuvas de alta intensidade em um breve espaço de tempo, ao invés de uma distribuição espaçada da chuva durante o período produtivo (Hoffmann, 2011). Tal fenômeno poderá impactar negativamente os sistemas produtivos, visto que no Brasil, apenas 5% das áreas agrícolas são irrigadas (Brasil, 2015; Nakai et al, 2015), ou seja, 95 % da área cultivada estão sujeitas às variações naturais da chuva, tanto em quantidade quanto na distribuição sazonal.

Esse comportamento pluviométrico tem impactos negativos no sistema, seja pelo potencial erosivo das chuvas, seja pela sua ausência em períodos críticos dos ciclos produtivos. A mudança do clima no Brasil representa aumento do risco agroclimático, resultante da redução da disponibilidade e aumento do consumo de água pelas culturas (em função do aumento das temperaturas). Alguns estudos apontam para redução das áreas de baixo risco climático para todas as culturas (Brasil, 2015). Estima-se que a redução potencial pode variar entre 3 e 40%, conforme a cultura e o cenário climático considerado. O aumento da deficiência hídrica média dos cultivos leva, entre outros, a uma redução dos níveis de produtividade.

Segundo o último censo agropecuário realizado pelo IBGE, em 2006, a agricultura familiar participa com 48% do valor bruto da produção nacional. O conjunto bastante

Consulta Pública

diversificado desse segmento é visto por alguns como grandemente vulnerável às mudanças do clima.

No aspecto institucional, destaca-se, inicialmente, o Plano Setorial de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono - Plano ABC, um dos planos setoriais que constitui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Criado em 2011, o Plano criou instrumentos – como uma exclusiva linha de crédito – e promove atividades com vistas a aumentar a área de produção agropecuária sob sistemas de produção sustentáveis, que permitam, entre outros, a redução das emissões de gases de efeito estufa pelo setor agrícola. Somando-se aos compromissos de mitigação, o Plano tem ainda por objetivo incentivar, motivar e apoiar o setor agropecuário na implementação de ações de promoção da adaptação, onde for necessário, e por meio dos mapeamentos de áreas sensíveis, incrementar a resiliência dos agroecossistemas, desenvolver e transferir tecnologias, em especial, daquelas com comprovado potencial de redução de GEE e de adaptação aos impactos da mudança do clima.

Destaca-se ainda, o Modelo de Zoneamento da Vulnerabilidade e dos Riscos Climáticos Agrícolas, uma política pública brasileira criada em 1996. Cada um dos municípios brasileiros foi demarcado de acordo com a adequação ao cultivo segundo uma probabilidade mínima de 80% de se obter uma safra economicamente viável. Outro importante sistema de trabalho foi desenvolvido pela Embrapa, que estuda a Simulação de Cenários Agrícolas (SCe1nAgri), integrando informações sobre clima, solo, água e características/necessidades das culturas com base nos conjuntos de dados de campo testados no nível nacional. O INMET oferece o Sisdagro – Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (INMET), com o objetivo de apoiar usuários do setor agrícola em suas decisões de planejamento e manejo agropecuário. O sistema oferece aos usuários informações meteorológicas registradas em uma rede de estações do INMET, bem como de dados obtidos por modelos de previsão numérica do tempo, referentes às variáveis: temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento e radiação solar.

Consulta Pública

Desafios:

a. Qualificar técnicos e produtores para a adoção de sistemas e tecnologias que contribuam para a adaptação à mudança do clima;

b. Incentivar a adesão de técnicos e produtores, apresentando as vantagens do processo de transição para a diversificação de sistemas produtivos nas propriedades rurais e para a adoção de tecnologias que permitam o aumento da resiliência, a adaptação e o uso de energias renováveis, considerando os aspectos econômicos, sociais e ambientais;

c. Reduzir os riscos e minimizar os impactos da mudança do clima na agricultura por intermédio do Plano Nacional de Redução de Riscos e Desastres, integrante do Plano Nacional de Adaptação à mudança do clima, considerando as possibilidades de inserção no seguro agrícola e em outros instrumentos de política agrícola;

d. Formar e aperfeiçoar competências, em curto e médio prazo, focadas em mudança do clima e sustentabilidade na agricultura;

e. Fortalecer as ações da assistência técnica e extensão rural com vistas à adequação do setor produtivo aos efeitos da mudança do clima, visando à orientação de medidas de adaptação que, preferencialmente, também mitiguem as emissões de GEE;

f. Fortalecer ações de contenção, redução e prevenção da desertificação e arenização, considerando também os princípios de conservação de solo e gestão sustentável de uso e manejo hídrico;

g. Desenvolver e adequar tecnologias de produção que viabilizem a adaptação, garantindo a sua transferência aos produtores;

h. Promover e desenvolver sistemas de produção diversificados, com foco no aumento da resiliência e eficiência dos sistemas e na adaptação necessária à mudança do clima identificada nos mapas de vulnerabilidades, buscando sustentabilidade ambiental, incluindo o controle das emissões de GEE do setor (ações sinérgicas entre adaptação e mitigação), geração de renda e melhoria da qualidade de vida;

i. Criar mosaicos produtivos, baseados na interação de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta, em áreas produtivas, florestadas, de vegetação nativa e corredores

Consulta Pública

ecológicos, resultando no aumento da resiliência regional e no uso e conservação de recursos naturais (biodiversidade, água, solos), em conformidade com a legislação vigente;

j. Estabelecer e adequar os procedimentos dos agentes financeiros para operação em modalidades que incorporem ações de adaptação/mitigação, incluindo financiamento de sistemas diversificados, do uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos, e de geração e uso racional de energia;

k. Desenvolver e disponibilizar tecnologias, por meio de programas de P, D & I, que contemplem a gestão integrada de recursos naturais (biodiversidade, água e solo), a disponibilidade de recursos genéticos, a segurança biológica e o uso de energias renováveis, o desenvolvimento de insumos e defensivos agrícolas não agressivos ao meio ambiente, entre outros;

l. Garantir acesso às fontes de informações climáticas federais, estaduais e municipais relacionadas à agricultura.

3.2. MOBILIDADE URBANA

O Sistema Nacional de Mobilidade Urbana é o conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas que garante os deslocamentos de pessoas e cargas no território, e que inclui modos motorizados e não-motorizados; serviços de transporte urbano de passageiros e cargas, coletivos e individuais, públicos e privados; vias e demais logradouros públicos, inclusive metroferrovias, hidrovias e ciclovias, estacionamentos, terminais, estações e demais conexões, pontos para embarque e desembarque de passageiros e cargas, sinalização viária e de trânsito, equipamentos e instalações, e instrumentos de controle, fiscalização, arrecadação de taxas e tarifas e difusão de informações.

Neste contexto, a mobilidade urbana em diversas cidades brasileiras está sujeita a perturbações e outros efeitos decorrentes de eventos e condições climáticas, como alagamentos e inundações, variações de temperatura, entre outros (aqui referidos por

Consulta Pública

impactos climáticos). Tais impactos podem se tornar mais frequentes ou mais severos a depender das variações climáticas futuras e das características de cada localidade, gerando possíveis perdas econômicas e de bem-estar da população.

Neste sentido, a adaptação no setor de mobilidade urbana faz-se necessária para salvaguardar a infraestrutura de transportes e seu valor inerente, garantir a confiabilidade da mobilidade e das atividades econômicas, e assegurar a qualidade de vida e segurança da população urbana.

A vulnerabilidade na mobilidade urbana é resultado da interação entre diversos aspectos, como as condições climáticas em si, a exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa vinculadas. Cabe ressaltar que, a influência de tais fatores difere de acordo com a localização e as características específicas de cada aglomerado urbano, de forma que os potenciais impactos podem apresentar grande variação, inclusive dentro de uma mesma localidade, sobretudo em se tratando de grandes cidades.

O aspecto da exposição está associado aos sistemas e elementos da infraestrutura dos diferentes modos que, potencialmente, estão sujeitos a impactos climáticos, podendo se refletir em danos a ativos físicos, reduções de desempenho ou interrupções no deslocamento de pessoas e cargas, bem como interferir direta ou indiretamente nas escolhas de viagens pela população, que naturalmente, também estão expostas sob o ponto de vista socioeconômico.

Assim, de acordo com os cenários de mudança do clima projetados para o território brasileiro, destacam-se os seguintes impactos climáticos com efeitos na mobilidade urbana:

- Aumento da temperatura média, ocorrência de ondas de calor e agravamento do efeito de “ilhas de calor”;
- Aumento da precipitação e da ocorrência de eventos extremos (tempestades, vendavais), gerando alagamentos, inundações, deslizamentos de terra, queda de árvores, aumento do nível de lençóis freáticos, entre demais consequências;
- Redução da precipitação, diminuindo a vazão e o nível de corpos d’água.

Consulta Pública

Os potenciais impactos sobre a infraestrutura de modos rodoviários e ferroviários apresentam algumas similaridades, como aqueles associados a obras-de-arte especiais, sistemas de drenagem, camadas de suporte das vias, à estabilidade de taludes, entre demais elementos. Destaca-se, no entanto, que determinados sistemas apresentam sensibilidades específicas, como a possibilidade de flambagem e fadiga de trilhos, deformação/ruptura de cabos elétricos aéreos, deterioração de pavimentos, superaquecimento de motores, entres outros, associados a variações de temperatura.

Este aspecto pode, ainda, gerar maior exigência sobre sistemas de resfriamento, além de desconforto aos usuários dos sistemas. Quanto a eventos extremos, sabe-se que sistemas/estruturas superficiais se apresentam mais expostos e podem ser diretamente afetados, no entanto, o acesso a estações/terminais, ainda que subterrâneos, pode ser significativamente prejudicado.

Ademais, impactos em elementos isolados de sistemas de transporte tendem a se propagar pela rede, sobretudo quanto menor for a sua flexibilidade, integração, abrangência e redundância. Deve-se considerar neste contexto, não apenas rupturas completas em sistemas e modos de transporte, como também potenciais reduções de desempenho operacional.

Cabe ressaltar que a severidade dos potenciais impactos em cada cidade depende não só das condições climáticas, mas também de atributos biofísicos e socioeconômicos do local. Tomando-se como exemplo situações de chuvas intensas, a ocorrência de inundações, alagamentos e deslizamentos de terra depende de diversos fatores, como: relevo (declividade, depressões, várzeas), presença de corpos d'água, uso do solo (impermeabilização, presença de vegetação), tipos de solo, sistemas de drenagem urbana, entre outros.

Com relação ao aspecto socioeconômico, as condições de mobilidade de uma determinada localidade ou bairro, como a possibilidade de acesso a serviços de transporte público, qualidade das vias e calçadas, entre outras, também interferem na magnitude dos impactos. Em termos práticos, uma chuva forte causa maiores transtornos e impedimentos a populações presentes em áreas com menos oferta de serviços de transporte, que podem ser obrigadas a caminhar por maiores distâncias sob

Consulta Pública

a chuva ou por vias inadequadas, aguardar por mais tempo pelo serviço de transporte, ou ficarem impedidas de acessar os serviços ou destinos pretendidos.

Com isso, a exposição das pessoas a restrições de mobilidade, pode induzir ou mesmo exigir a adoção de alternativas de deslocamento, seja de modos, rotas ou horários e, portanto, influencia o seu comportamento.

Cabe ressaltar que, as possibilidades de escolha e de reação de uma pessoa mediante condições climáticas adversas, podem ser condicionadas por seu nível de instrução, renda ou faixa etária, e as características da viagem pretendida (distância, custo, motivo etc.), denotando que as consequências aqui tratadas serão percebidas de forma diferente na população. Em adição, pessoas com mobilidade reduzida representam um grupo mais vulnerável nas situações descritas, o que enfatiza a importância da acessibilidade universal neste contexto.

Deve-se considerar ainda que, interferências em outros setores podem se refletir na mobilidade urbana, como na distribuição de energia elétrica (queda de postes, falhas em sistemas de comunicação e sinalização, ou eventuais interrupções em sistemas de transporte eletrificados - metrôs, veículo leve sobre trilhos - VLTs e outros). Políticas setoriais de desenvolvimento urbano, saneamento, resíduos sólidos urbanos, telecomunicações, também possuem correlação com os impactos climáticos sobre a mobilidade urbana.

Ressalta-se que, eventos extremos não se trata somente de eventos catastróficos, mas sim daqueles de intensidade moderada e forte. No que tange a estes eventos extremos, entende-se ser inviável eliminar completamente seus impactos, porém a forma como as pessoas e os sistemas reagem para minimizar as suas consequências negativas, corresponde à ideia de resiliência, ou seja, a capacidade de antecipar, preparar-se, responder e recuperar-se de situações adversas.

O conceito de capacidade adaptativa no setor de mobilidade, por sua vez, se relaciona com os aspectos de resiliência, abrangendo todo o conjunto de condições favoráveis a desenvolver e implementar medidas de adaptação, envolvendo dimensões como: institucionais, tecnológicas, de conhecimento e econômicas, que podem ser expressas em termos de estrutura, recursos, informações, análises e tecnologias

Consulta Pública

disponíveis, assim como a existência de programas de mitigação e adaptação à mudança do clima e planos de mobilidade urbana. A predisposição dos agentes de governo, setor privado, academia e sociedade civil em atuarem sobre o tema, também contribui para a capacidade de adaptação.

No setor da mobilidade urbana, destaca-se a qualidade dos sistemas de transporte público como um fator de capacidade adaptativa, contemplando aspectos de abrangência, capacidade, integração, e alternativas de modos e rotas, o que cria condições para uma melhor gestão de eventuais rupturas, falhas ou perdas de desempenho de sistemas específicos, minimizando impactos sobre os deslocamentos.

Não obstante, pode-se citar outros exemplos de capacidade adaptativa: (i) disponibilidade de soluções técnicas (sistemas de drenagem e de bombeamento de água, proteção de equipamentos a intempéries, métodos construtivos, tecnologias de manutenção, etc.); (ii) articulação entre os entes setoriais, como os responsáveis pelo transporte e trânsito, saneamento, defesa civil, bem como entre entes federativos, como os municípios em regiões metropolitanas e governos estaduais e federais; (iii) existência de sistemas de alerta sobre condições meteorológicas e meios de comunicação à população, sobre a operação dos modos e rotas de transporte e alternativas; entre outros.

Por fim, associa-se a vulnerabilidade do setor de mobilidade urbana à combinação dos impactos climáticos atuais e projetados em uma localidade, às características biofísicas e socioeconômicas presentes, à infraestrutura e os sistemas de transporte instalados, bem como aos padrões de deslocamento da população, em conjunto com a capacidade adaptativa existente. Destaca-se que quanto maior a capacidade adaptativa, menor a vulnerabilidade aos impactos.

<u>As diretrizes de adaptação para o setor de mobilidade urbana:</u>

- Articulação institucional no âmbito governamental, visando harmonizar os planos e políticas de adaptação nacionais com os planejamentos e ações locais, envolvendo atores do setor privado, a sociedade civil e acadêmica;

Consulta Pública

- Consideração de estudos de vulnerabilidade na mobilidade urbana para a elaboração de programas de adaptação e resiliência em nível local, e integrados com demais setores relevantes;

- Incorporação do planejamento para adaptação e resiliência no âmbito dos planos de mobilidade urbana, de forma integrada com o planejamento de uso e ocupação do solo nas cidades, e considerando princípios de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE);

- Fortalecimento e qualificação da infraestrutura de transporte público coletivo e individual não-motorizado, provendo condições que estimulem a maior participação destes modos na matriz de viagens urbanas, assegurando a integração intermodal e a flexibilidade do sistema

- Estímulo a estudos sobre a necessidade de revisão de padrões técnicos, tanto de projeto como de manutenção da infraestrutura de mobilidade urbana, incorporando a adaptação;

- Promoção da conscientização sobre a mudança do clima e seus impactos na mobilidade, incentivando a população a preparar-se e contribuir com a mitigação e a adaptação;

- Disseminação de informações sobre a rede de transportes nas cidades;

- Apoio à inovação em projetos que reduzam as emissões de carbono e aumentem a capacidade adaptativa à mudança do clima.

3.3. SETOR ENERGIA

Dentre as vulnerabilidades do **setor de energia** aos impactos da mudança do clima, destaca-se, dentre outros setores energéticos, o de **energia elétrica**, incluindo os segmentos de geração, transmissão e distribuição. O setor envolve a disponibilidade de energéticos por diversas fontes, sejam as de origem fóssil, sejam as de origem renovável. A base da geração na Matriz Elétrica Nacional é a hidroeletricidade, sendo que as demais fontes renováveis e as fontes fósseis complementam o sistema. Esta configuração

Consulta Pública

oferece ao setor uma característica de baixa emissão de gases de efeito estufa, única entre os sistemas elétricos de mesmo porte no mundo. Compreende também o setor o sistema de transmissão que interconecta as diversas bacias hidrográficas, além de uma capacidade de geração adicional que é acionada em períodos de eventuais restrições hídricas.

Além da hidroeletricidade, destaca-se também a geração eólica, cujo potencial concentra-se em grande medida junto à faixa central e litorânea da região nordeste e regiões do sudeste e sul do país.

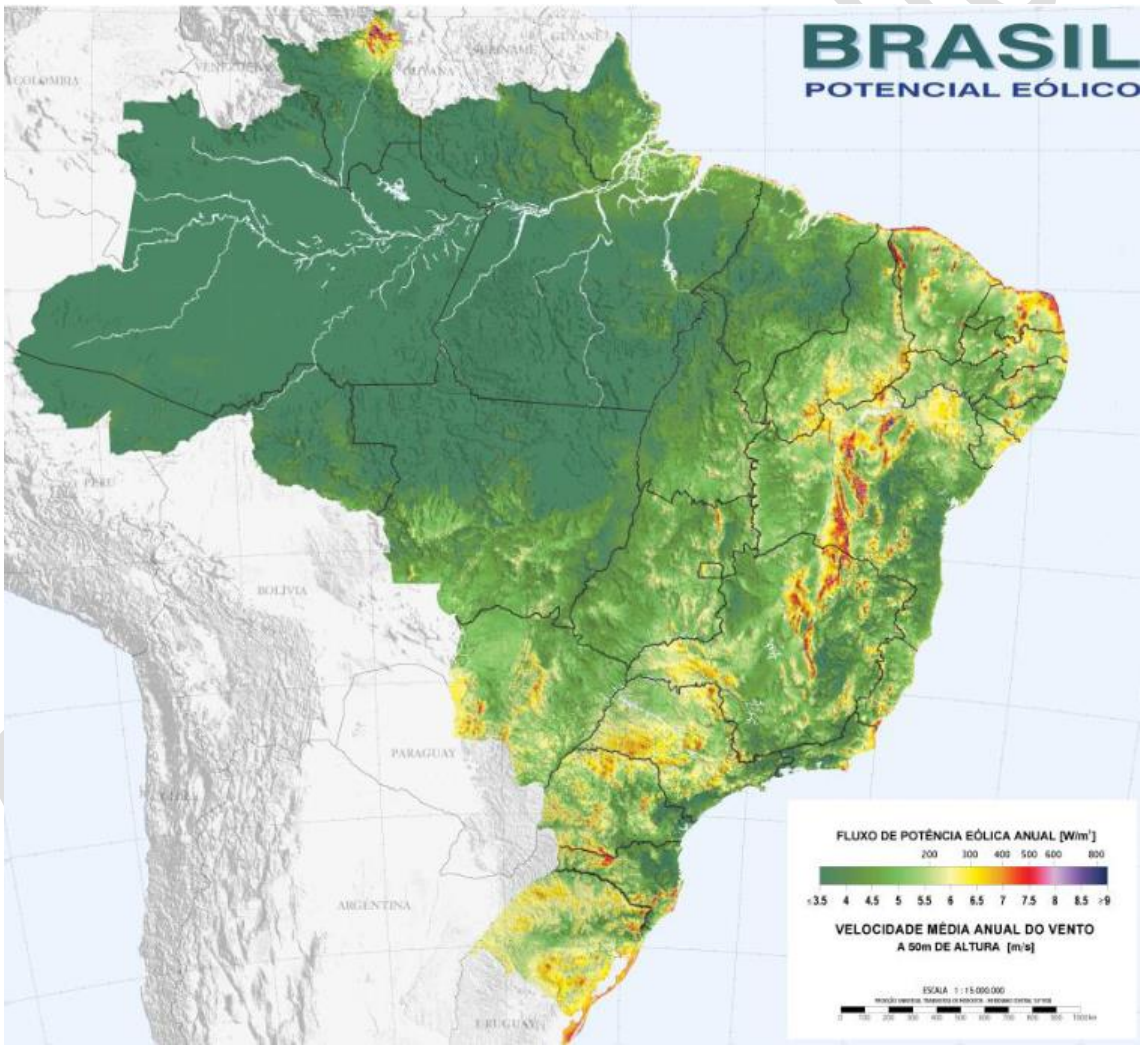


Figura 52. Fluxo de Potência Eólica anual

Fonte: Centro de Pesquisas Elétricas – CEPEL

Outra fonte renovável de relevância para a geração de energia elétrica é a biomassa, a qual concentra-se principalmente em térmicas operadas com bagaço de cana-de-açúcar. O grande potencial desta fonte encontra-se nas regiões do sudeste e nordeste, atrelado à produção de biocombustível.

Menção deve ser feita também ao potencial de geração elétrica por energia solar de modo concentrada, tanto por sistemas fotovoltaicos no curto prazo quanto por termo solar no longo prazo. Apesar de atualmente a sua participação na matriz elétrica ser pequena, existe uma tendência de crescimento ao longo dos anos.

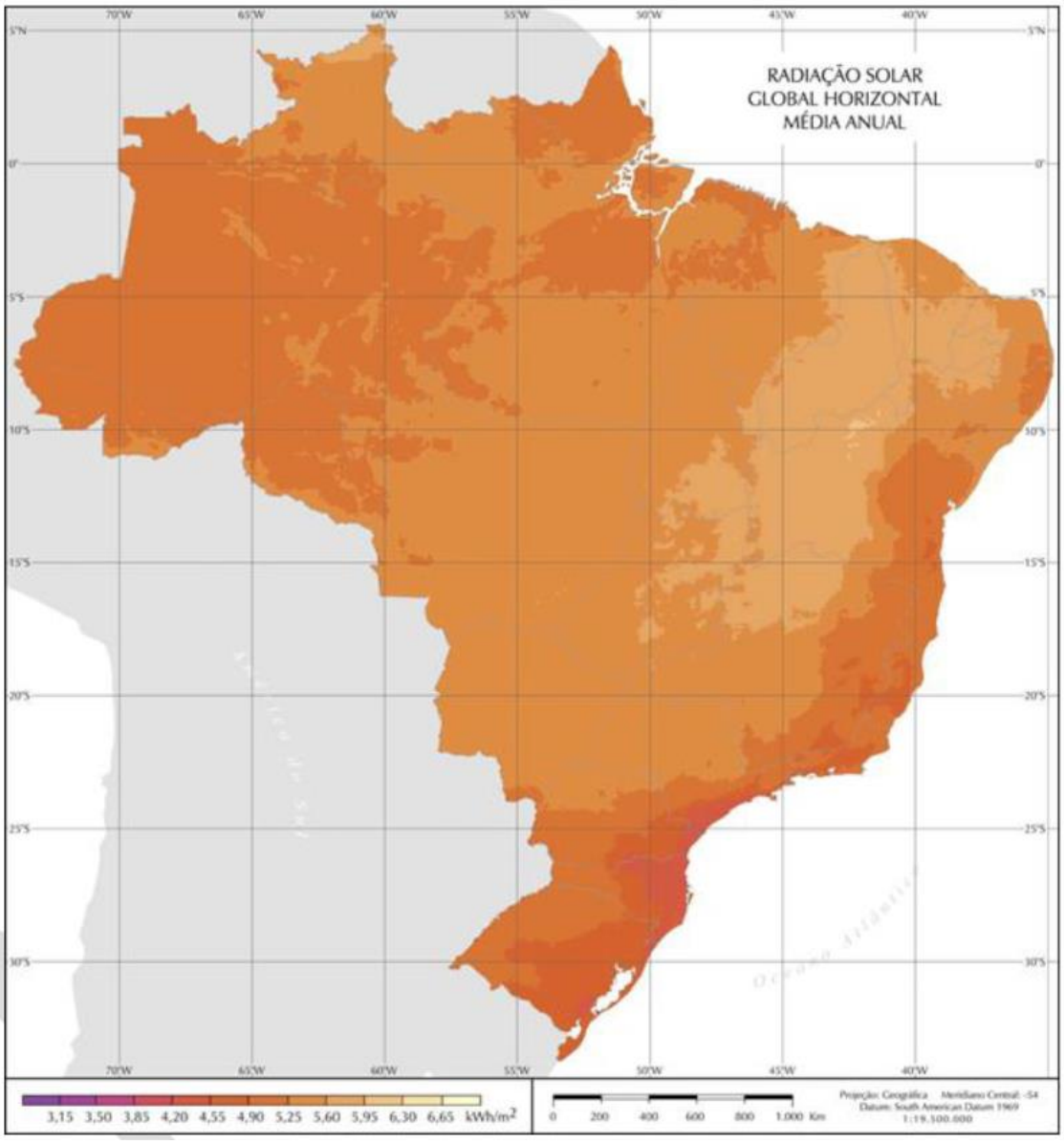


Figura 53. Radiação solar global-média anual
Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar – INPE/2006

Para uma melhor efetividade deste sistema físico, constituiu-se uma estrutura centralizada para a operação (Operador Nacional do Sistema – ONS), que gerencia os despachos de cada usina e a operação das linhas de transmissão, objetivando otimizar a oferta de energia elétrica.

Figura 54 – Operação linhas de transmissão de energia elétrica

Fonte: CEMIG 2019 em https://www.lumusengenharia.com.br/blog/post/sistema-interligado-nacional/

Deve-se considerar também no sistema elétrico uma reserva de geração, grande parte fóssil, que fica à disposição para operação em períodos de deficiência hídrica conjuntural. Destaca-se que a segurança energética é um dos principais objetivos de um programa de adaptação do setor. Neste sentido, as fontes fósseis, apesar de emissores

de gases de efeito estufa, cumprem um importante papel neste quesito oferecendo a necessária estabilidade que o sistema requer.

Considerando a manutenção da majoritária componente renovável do setor elétrico nacional, a expansão do parque térmico deve atender a critérios de tecnologias e combustíveis que priorizem a baixa emissão de gases de efeito estufa, buscando uma necessária compatibilização entre mitigação e adaptação.

Deste modo, a vulnerabilidade do setor elétrico não é um evento de análise isolada de bacias hidrográficas, mas deve ser avaliado no seu conjunto, considerando a diversidade das fontes de energia, a operação do sistema e suas estruturas de reserva.

Dentre os parâmetros climáticos que mais tem interferência no setor, elenca-se o aumento da temperatura média da atmosfera, com reflexos na evapotranspiração dos lagos e dos cursos de água, e as variações na precipitação. A precipitação em conjunto com a evapotranspiração, no cálculo do balanço hídrico, é um importante condicionante das vazões dos rios.

Outros parâmetros climáticos, também, têm influência na produção de energia, como a cobertura de nuvens que reflete na irradiação solar e a variação no regime dos ventos que tem um efeito direto na geração elétrica por aerogeradores.

Adicionalmente, outros aspectos devem ser considerados juntamente à mudança do clima no que diz respeito à produção de energia. Tem-se, como exemplo, a rugosidade do terreno e o modo de sua ocupação, ambos interferem na dinâmica dos ventos em uma região. Do mesmo modo, o efeito sobre a vazão dos rios decorrentes do uso, abastecimento das cidades e irrigação, bem como a ocupação do solo, pode impor uma maior ou menor pressão sobre a disponibilidade dos recursos hídricos. Em determinados casos, os efeitos destas variáveis podem até mesmo sobrepujar a questão climática.

Devem-se considerar, ao abordarem-se as questões de disponibilidade energética, os aspectos relacionados à demanda de energia que são influenciados tanto pelas alterações climáticas, a exemplo do aumento da temperatura média nas cidades que tende a desencadear o uso mais intenso de aparelhos de refrigeração, quanto por evolução tecnológica, que possibilita uma maior eficiência dos equipamentos.

Consulta Pública

Elenca-se abaixo aspectos do sistema elétrico que devem ser considerados:

- Impacto da inserção de novas tecnologias, como por exemplo, veículos elétricos e políticas de eficiência energética;
- Impacto dos futuros padrões de consumo em construções residenciais e comerciais (habitações e prédios "inteligentes");
- Penetração de tecnologias como redes inteligentes e linhas de transmissão de ultra alta tensão;
- Maior penetração da geração distribuída por diferentes fontes, a exemplo da geração fotovoltaica em telhados de edificações.;
- Autoprodução de energia elétrica por grandes consumidores, utilizando-se de fontes renováveis e fósseis, como no caso da cogeração a gás natural.

O impacto das alterações dos parâmetros climáticos passa por uma avaliação de sensibilidade que indica em que grau esses sistemas respondem as essas alterações. Tomando como exemplo centrais hidrelétricas com reservatórios de regularização, as características destes reservatórios podem atenuar os efeitos das variações de vazões dos rios e, por consequência, a geração elétrica. Estas características influenciam, não apenas a operação da usina em si, mas também a regularização da vazão a jusante, propiciando a otimização da operação do sistema.

Por outro lado, centrais elétricas com baixa capacidade de armazenamento de energia, seja por características físicas ou limitações tecnológicas estão mais expostas às variabilidades dos parâmetros climáticos com reflexo no potencial de produção de eletricidade.

Deste modo, deve-se avaliar a combinação entre a exposição dos sistemas de geração elétrica e o grau de sensibilidade de como esses sistemas reagem para se obter os respectivos impactos. Os impactos da mudança do clima sobre as estruturas que compõe o sistema de geração elétrica devem ser avaliados de maneira sinérgica, de modo a ter uma real dimensão da vulnerabilidade de todo o sistema elétrico.

Consulta Pública

Neste sentido, as regiões do território nacional sofrerão influências diferenciadas em relação às precipitações, temperatura, ventos, irradiação com aumentos em determinados lugares e reduções em outras. Contudo, o Sistema Interligado Nacional possibilita a compensação natural dos efeitos dos impactos climáticos devido à interconexão do sistema de geração elétrica.

Esta compensação dota o sistema elétrico de uma capacidade intrínseca de adaptação, (Capacidade Adaptativa) que deve ser considerada em uma análise de vulnerabilidade.

No entanto, deve-se considerar que apesar da flexibilidade do sistema elétrico, esta deve estar circunscrita à parâmetros que preservem a segurança energética e a minimização dos custos que são pilares da política energética nacional.

Outros exemplos desta capacidade de adaptação são elencados:

- Sistema de transmissão robusto e ramificado por todas as regiões do país, interligando bacias hidrográficas e centros de cargas, transmitindo grandes blocos de energia por milhares de quilômetros com alta confiabilidade;

- Sistema de gerenciamento de despacho de energia centralizado em um órgão com abrangência nacional;

- Por outro lado, o próprio efeito da mudança do clima, em algumas condições, também tende a aumentar a capacidade de resiliência do sistema de geração elétrica. São exemplos: Reserva de geração que no caso de eventos conjunturais extremos são acionados para a estabilidade da oferta de energia.

- Diversidade da matriz elétrica que implica uma complementariedade natural da oferta de energia entre as diversas fontes. Esta complementariedade ocorre devido a uma sazonalidade que faz com que o período de geração mais intenso por eólicas ou térmicas de biomassa ocorra nos meses do ano em que as vazões são mais baixas.

Consulta Pública

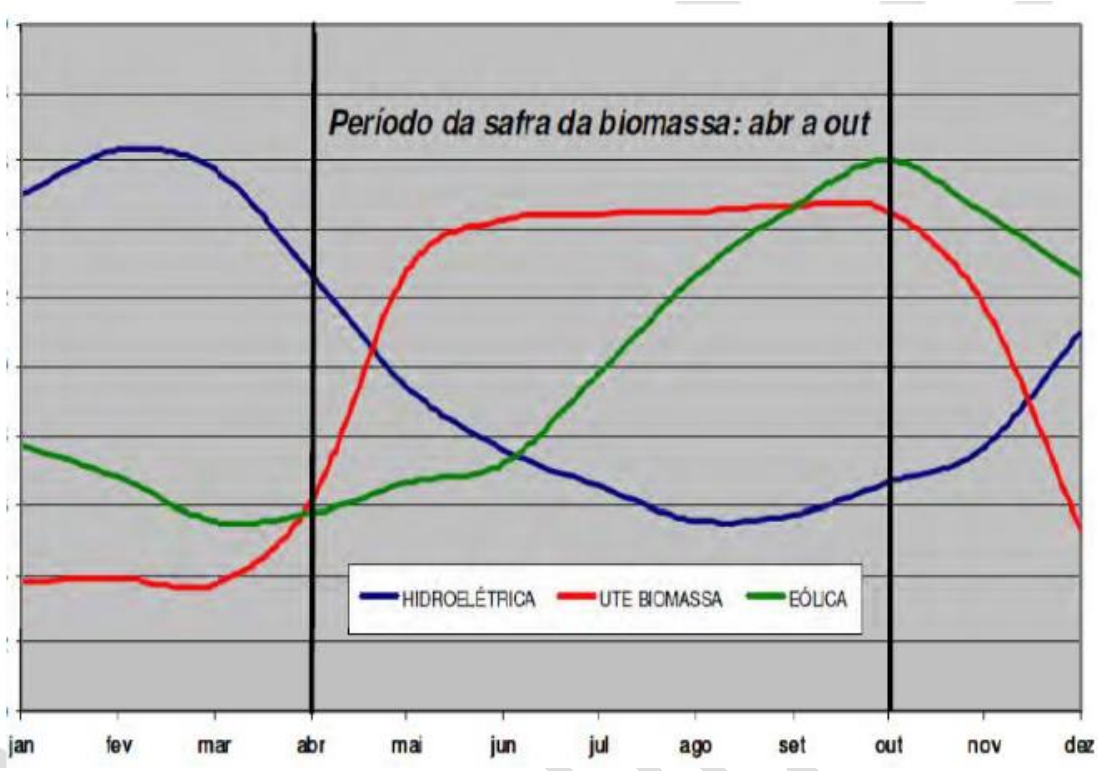


Figura 55. Variação mensal típica para fontes renováveis principais

Fonte: Operador Nacional do Sistema ONS – Variação mensal típica para fontes renováveis principais.

Por outro lado, o próprio efeito da mudança do clima, em algumas condições, também tende a aumentar a capacidade de resiliência do sistema de geração elétrica. São exemplos:

- A mudança do clima acentuará a diferenciação dos regimes hídricos entre as bacias hidrográficas da região centro sul do país e da região norte. Assim, a depender da capacidade de armazenamento, precipitações mais intensas tendem a compensar, em alguma medida, a diminuição da precipitação em outras regiões;

- Da mesma maneira, ocorrerão compensações entre as fontes de energia, onde as mudanças no clima favorecerão a geração de energia por uma determinada fonte em uma região compensando, em partes, a queda de oferta de outra fonte em uma região mais desfavorável.

Consulta Pú

Diante do exposto pode-se depreender que a análise quantitativa de vulnerabilidade do setor elétrico é uma ação complexa e exige uma variedade de estudos que não se limitam apenas a abordar fontes de geração isoladamente.

No entanto, em uma análise inicial qualitativa, pode-se identificar alguns impactos da mudança do clima em sistemas específicos, desconsiderando uma avaliação mais acurada dos efeitos sinérgicos no sistema elétrico como um todo.

As projeções da ampla gama de modelos climáticos apresentam uma variabilidade de resultados nas regiões do território nacional, não havendo assim uma convergência quantitativa de modo conclusivo. Isso mostra a necessidade de se avaliar com cautela os impactos advindos da modelagem climática. Deste modo, algumas propostas de diretrizes são elencadas:

- Promover maior envolvimento das instituições do setor elétrico ao tema de adaptação visando, quando aplicável, a adequação das políticas institucionais a novos parâmetros climáticos;
- Aprofundar os estudos de impactos no setor elétrico em regiões específicas, considerando as tendências de alterações climáticas;
- Elaborar estudos dos riscos à infraestrutura do setor de energia face à mudança do clima com vista a aperfeiçoar o gerenciamento das atividades, com foco ao contingenciamento de situações extremas;
- Avaliar os possíveis cobenefícios e sinergias entre mitigação e adaptação relacionadas às diferentes alternativas aplicadas ao setor de energia;
- Avaliar, nos casos pertinentes, as interseções quanto às medidas adaptativas entre água, energia, uso da terra e biodiversidade, de forma que se possa compreender e gerir suas interações;
- Elaborar estudos visando definir a necessidade de aperfeiçoamento das ferramentas de planejamento, com vistas a adequar seus parâmetros conforme as alterações dos eventos climáticos verificados com base científica.

Consulta Pública

3.4. SETOR DE SAÚDE

A avaliação dos efeitos da mudança do clima sobre a saúde humana é complexa e requer uma abordagem interdisciplinar para análise das relações entre os sistemas sociais, econômicos, biológicos, ecológicos e físicos (Barcellos et al., 2009). Evidências apontam que as alterações do clima, associadas aos condicionantes socioeconômicos e ambientais, influenciam no comportamento das doenças e agravos sobre a saúde, refletindo na demanda sobre os serviços de atenção, vigilância e promoção à saúde providos pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

A sensibilidade da saúde humana aos efeitos adversos da mudança do clima está associada às vulnerabilidades individual e coletiva, bem como às especificidades de cada território.

Variáveis como idade, perfil de saúde e resiliência fisiológica determinam o componente individual. Já o crescimento populacional, a pobreza, a degradação ambiental, o modelo econômico, o saneamento, o grau de urbanização, dentre outros, caracterizam os componentes socioambientais que afetam a coletividade (Barcellos et al, 2009).

A forma como cada um dos componentes é influenciada, direta ou indiretamente, pela mudança do clima, determina o grau de vulnerabilidade da saúde como um todo. A ocorrência de eventos climáticos extremos que ocasionam ondas de frio e de calor e, também, desastres naturais como inundação, enxurrada e estiagem prolongada, desencadeiam efeitos diretos à saúde humana.

Os efeitos indiretos, são caracterizados pela alteração gradual e permanente no regime de chuva, temperatura e umidade, que ocasionam alterações nos ecossistemas, ciclos biológicos, geográficos e químicos, que levam a uma maior exposição dos indivíduos e populações aos poluentes atmosféricos, à expansão das áreas de transmissão de doenças infecciosas (OPAS/MS, 2009), ao surgimento de doenças emergentes e reemergentes, à situações de indisponibilidade e redução da qualidade da água para consumo humano, bem como ao desequilíbrio nos sistemas sociais, em

Consulta Pública

consequência da quebra de safras agrícolas, perdas econômicas, comprometimento das forças de trabalho e do funcionamento do sistema de saúde (IPCC, 2014).

A identificação e o monitoramento dos riscos potenciais a serem enfrentados pelo Setor Saúde, são essenciais para a definição de ações de adaptação nos âmbitos setorial e transversal, pautadas no fortalecimento da atuação do SUS na redução do risco, no manejo de emergências e na recuperação, considerando as vulnerabilidades.

Dados recentes apontam que no Brasil, as inundações, a seca e a estiagem foram responsáveis por mais de 90% dos desastres naturais ocorridos.

Esses eventos afetam as populações de forma desigual e de maneira diferente, direta e indiretamente, com efeitos que variam de curto à longo prazo, a depender das características do evento e da vulnerabilidade socioambiental do território (Alderman et al., 2012).

A precariedade das condições de vida e da proteção social e a degradação ambiental, tornam determinados grupos populacionais, principalmente os mais pobres, vulneráveis aos desastres frente à ameaça de ocorrência de um evento climático extremo.

Os efeitos dos desastres na saúde dessas populações ocorrem desde o momento de sua ocorrência até meses ou anos após o decorrido, com o registro de mortes, feridos e a ocorrência de doenças infecciosas, agravamento do quadro de pacientes crônicos, transtornos psicossociais, desnutrição, acidentes com animais peçonhentos, dentre outros (OPAS/MS, 2014).

As alterações dos regimes pluviométricos, o aumento da frequência de ocorrência de eventos climáticos extremos quando associados a alguns condicionantes como o saneamento inadequado, levam à redução da disponibilidade de água para consumo humano.

Com isso, as populações são expostas aos riscos de desabastecimento de água, de contrair doenças por transmissão hídrica, alimentar e por vetores, de intoxicação, bem como compromete a prestação de serviços de saúde.

Consulta Pública

A ocorrência de desastres naturais, a exemplo das inundações, estiagens e secas, também pode ocasionar alterações na qualidade da água para consumo humano e provocar o adoecimento das pessoas. Nessas situações, é comum observar a intermitência no abastecimento, a busca por soluções alternativas de acesso à água, bem como o armazenamento de água nos domicílios, muitas vezes de forma inadequada, e esses são fatores que podem trazer risco adicional à saúde, uma vez que amplia o potencial de contaminação da água e de transmissão de doenças.

As situações de secas e estiagens ainda podem favorecer florações de cianobactérias nos mananciais, comprometendo a disponibilização de água de qualidade para consumo humano. Dentre as doenças infecciosas que podem ser associadas à qualidade da água para consumo humano e às condições de saneamento, a principal preocupação, no Brasil, são a dengue, zika, chikungunya, esquistossomose, leptospirose, hepatites virais, doenças diarreicas agudas (DDA), cólera, febre tifoide, tracoma e o risco desidratação.

Nesse contexto, todos esses aspectos podem influenciar a capacidade de adaptação e resiliência das populações expostas a essas situações de risco. Risco este que pode ser ampliado em um contexto de comprometimento da disponibilidade da água para consumo humano, tanto em quantidade, quanto em qualidade, ocasionando danos à saúde.

No Brasil, as principais doenças infecciosas e endêmicas que afetam a população e possuem estreita relação com a variabilidade climática, anteriormente citadas, são: a dengue, a malária, a febre amarela, a doença de chagas, a leishmaniose visceral e tegumentar, a esquistossomose, o tracoma, a leptospirose, as hepatites virais, as doenças diarreicas agudas, a cólera, a infecção respiratória aguda, as síndrome gripais (influenza e outros agentes), a síndrome respiratória aguda grave (SRAG), dentre outras.

Os fatores de vulnerabilidade socioeconômica que influenciam o cenário das doenças infecciosas são: o avanço da ocupação humana sobre as áreas naturais, por meio do modelo de uso da terra de forma não planejada; o comércio globalizado; a migração voluntária e forçada; o turismo; o aumento da população; o desenvolvimento e adensamento urbano desordenado; o modelo econômico; os problemas sociais e

Consulta Pública

estruturais, além da ausência ou ineficiência do saneamento. As principais estratégias para adaptação da saúde são:

- Aperfeiçoamentos o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), incorporando novas funcionalidades e relatórios para gestão de riscos à saúde;
- Ampliar e estruturar a rede de laboratórios para monitoramento, acompanhamento e difusão da informação da qualidade da água para consumo humano;
- Registrar informações no Sisagua sobre: cadastro, controle e vigilância da qualidade da água de consumo humano;
- Elaborar mapas de risco sobre o abastecimento de água para consumo humano, com base nas informações geradas pelo Sisagua.
- Integrar a análise do risco climático, ambiental e socioeconômico com os processos de monitoramento das emergências em saúde pública no SUS;
- Estruturar centros de estudos e pesquisas sobre clima e saúde em conjunto com o SUS;
- Criar um painel de informações estratégicas de clima e saúde para apoio a gestão estratégica em conjunto com o SUS;

Consulta Pública

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ADASA; CAESB; SEAGRI; EMATER. Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal / Editado por Jorge Enoch Furquim Werneck Lima.[et al.] - Brasília, DF : Adasa: Caesb; Seagri : Emater, DF, 2018. 328 p. : il. ISBN: 978-85-53093-03-8

Alderman, K., Turner, L. R., & Tong, S. Floods, and human health: a systematic review. Environment international, 47, 37-47. (2012)

Barcellos, C., Monteiro, A. M. V., Corvalán, C., Gurgel, H. C., Carvalho, M. S., Artaxo, P., & Ragoni, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. Epidemiologia e Serviços de Saúde, 18(3), 285-304. (2009).

Brasil (2010) - 2a Comunicação Nacional do Brasil às UNFCCC. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/VOLUME%20II_0.pdf>.

Brasil 2040 – Resumo Executivo – Secretaria de Assuntos Estratégicos/Presidência da República, 172 p., Brasil. (2015).

Cavalcanti, Iracema; Chan, Chou et al. Estudos de projeções de clima para a região integrada de desenvolvimento do DF e entorno – RIDE, 2019

Da Silva Bastos, C. L. Park Güell, arquitectura conformada por el agua. Gestión hídrica para la reforestación de la Montaña Pelada. ETSAB/UPC, Barcelona, 2007. Orientador: Albert Cuchí y Burgos. Defendida e aprovada em 10.03.2008. A descrição do sistema também pode ser vista em duas publicações:

a) Cuchí, A., Da Silva, C. "La strategia idrica del Parco Güell". Em: Revista Il Progetto Sostenibile, n. 8, Monfalcone (GO), dez., 2005.

b) Cuchí, A., Da Silva, C., López Caballero, I. "Sustainable Public Spaces from the Past. The Hydraulic System of Park Güell". Em: AA. VV. Ecopolis: Sustainable Planning and Design Principles. Dimitra Babalis. Florença, Alinea Editrice, 2006.

Diniz, Fabio Souza. A crise hídrica do Sistema Descoberto - Distrito Federal - no triênio 2015-2017 / Dissertação (mestrado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Brasília-DF. (2019).

Ghini, R.; Hamada, E. & Bettiol, W (eds). Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 356 p. (2011).

Hoffmann, U. Assuring food security in developing countries under the challenges of climate change: key trade and development issues of a fundamental trasnformation of agriculture. UNCTAD/OSG/DP/2011/1. (2011).

IBGE (2020) - https://sidra.ibge.gov.br/

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP. Brasília. (2018).

IPCC (2007). IPCC.Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. 'Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change'. [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC.

Consulta Pública

IPCC (2012). Intergovernmental Panel on Climate Change. 2012. 'Glossary of Terms. in: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation'. [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC. Cambridge, UK, and New York: IPCC.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken,P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 190 pp. (2014)

Marial, Julio. Ponencia para entender en lo relativo al abastecimiento de aguas y á las obras del acueducto de Moncada. Comisión de Fomento, Ayuntamiento de Barcelona, 1902.

Marques, A.C.; Silva, J.C.B.V; Hanisch, A.L. Mudanças Climáticas: impactos, riscos e vulnerabilidades na agricultura. Revistas de Estudos vale do Iguaçu, Jan/Jun 2013, v.01, nº 21, p.93-116. (2013).

Nakai, A.M, et al (LMA/CNPTIA;Embrapa). Análise de vulnerabilidades econômicas das principais culturas brasileiras (produto 6) Relatório Final – Adaptação _a Mudança do Clima: Cenários e Alternativas – Agricultura - Projeto Brasil 2040 SAE/PR. (2015).

Nobre (2008) apud Brasil (2010)

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). Ministério da Saúde. Mudança Climática e Saúde: um perfil do Brasil. Brasília, DF. 44 p. Saúde Ambiental,3. (2009).

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). Proteger a saúde frente à mudança climática: avaliação da vulnerabilidade e adaptação. Brasília, DF. (2014). Disponível em: http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1498&Itemid=423 (acesso 2020).

Plano Nacional de Adaptação.à Mudança do Clima (PNA – 2016). Volume II: Estratégias Setoriais e Temáticas Versão Pós-Consulta Pública Brasília, 2016

Sunyer y Coma, Enric. "Les explotacions mineres de ferro dels turons de Sant Gervasi, Gràcia i el Guinardó de Barcelona". Em: Revista Geologia dels Països Catalans, Barcelona, 1996.

Vergés Trias, M. Aigua Sarva. Artigo redigido em 1999, não publicado. Arquivo pessoal do autor, Casa Trias, Park Güell, Barcelona

Consulta Pública

Anexo I - Parque Güell – Barcelona

Adaptado de https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.114/10, com inclusão de novas fotos da situação atual, sumário da parte hídrica para melhor compreensão no contexto deste plano. (Claudio Bastos, professor da FAUFBA – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia)

Em 1899, Güell[10] encarrega Gaudí[11] do projeto do parque. Naturalmente, a primeira preocupação do arquiteto terá sido com o problema do reflorestamento, para o qual necessitava vencer dois desafios: deter a erosão, que estava levando embora a terra fértil que restava na encosta, e conseguir água para irrigação. Não podia contar com a água das duas fontes que havia no local, cuja vazão era insuficiente, nem com a água da rede urbana, cuja pressão não possibilitava alcançar os mais de 120 metros de altitude da Montanha Pelada (Marial, Julio, 1902) (ver figura 1). Só lhe restava a água da chuva.

As médias pluviométricas de Barcelona não são das mais animadoras para quem pretende captar águas pluviais. Com 600 mm ao ano, sua pluviosidade assemelha-se à das zonas secas do Nordeste brasileiro. Mas o arquiteto conhecia bem a experiência milenar dos catalães no manejo da água de chuva, com a qual conseguiram erguer cidades e desenvolver a agricultura até mesmo em zonas mais secas que Barcelona, como é o caso de Tarragona e Lérida. Mas, por outro lado, Gaudí necessitava contar com uma ampla área de captação e uma boa capacidade de armazenamento. A solução seria utilizar toda a área do parque como superfície de captação, integrando as obras urbanísticas à gestão hídrica – e, evidentemente, à conservação do solo, através do controle da erosão superficial.

Vejamos a solução de Gaudí (Da Silva Bastos, 2007). Primeiro, cria três vias principais de circulação que acompanham as curvas de nível e cortam o terreno de um lado a outro (figuras 2 e 3), de modo que a vertente fica subdividida em três zonas compreendidas entre essas três vias. Dessa maneira interrompe o fluxo da enxurrada, que ao atingir a via sub-horizontal perde força e velocidade, sendo remansada e laminada pelo leito da via. O substrato dessas vias, assim como o de todos os demais espaços públicos abertos, seria composto de camadas sucessivas de

[10] Eusebi Güell i Bacigalupi, conde de Güell (Barcelona, 1846 — Barcelona, 8 de julho de 1918) foi um industrial e político catalão.

[11] Antoni Gaudí i Cornet (Reus ou Riudoms, 25 de junho de 1852 — Barcelona, 10 de junho de 1926) foi um famoso arquiteto espanhol e figura de ponta do Modernismo catalão. As obras de Gaudí revelam um estilo único e individual e estão em sua maioria na cidade de Barcelona.

Consulta Pública

terra arenosa e brita, permitindo a infiltração da água. Esta se acumularia, devido à declividade da pista, em pequenos largos semicirculares criados ao longo das vias, os quais se conectam a escadarias drenantes (figura 4), de forma que o escorrimento pluvial seria totalmente controlado pelo sistema de vias. As escadas teriam, além do papel hídrico (figura 5) e da óbvia função de acesso vertical, o objetivo de servir de limite entre os lotes, que seriam triangulares. Vale observar que esta lógica de implantação viária - vias principais acompanhando as curvas de nível, vias de conexão em rampas sinuosas, e escadas delimitando lotes triangulares - conformaria um desenho urbano capaz de direcionar e absorver a água da chuva, solucionar o problema da erosão e ao mesmo tempo facilitar os deslocamentos dos moradores.

A água iria, pois, descendo suavemente a encosta, sendo absorvida em diversas instâncias. Pelo subsolo baixaria ainda mais lentamente, encontrando a todo o momento obstáculos, como é o caso dos muros de contenção em pedra, que permitiriam a passagem lenta da água infiltrada. Os destinos, finais, da água seriam elementos de contenção e armazenamento, de dois tipos: bacias subterrâneas e cisternas. As bacias subterrâneas são cúpulas semiesféricas (figura 6) enterradas com a boca para cima, de sorte que a água se acumula em sua concavidade. Árvores, palmeiras e arbustos plantados sobre elas são beneficiados por esse depósito hídrico artificial. Com tais elementos Gaudí simplifica o problema da irrigação, evitando ter que armazenar e depois conduzir as águas até o local do plantio. Não é à toa que entre as primeiras mudas plantadas no parque aparecem as Palmeiras-de-Canárias da via principal, exatamente sobre bacias subterrâneas (figura 7 e 8). Provavelmente outras bacias seriam enterradas por outras áreas do parque, se as obras não tivessem sido interrompidas antes da conclusão.

De qualquer maneira, as bacias subterrâneas não seriam, nem de longe, suficientes para resolver o problema da irrigação das mudas naquela vertente seca e degradada. Por isso necessitava-se armazenar água em depósitos, como aquele construído sob a sala hipóstila (onde deveria funcionar o mercado da urbanização) (figuras 9 e 10). Esta seria a cisterna principal do parque, com capacidade para 1 milhão e 200 mil litros. O sistema de abastecimento da cisterna é bastante conhecido (figuras 11, 12 e 13), tendo sido exaustivamente descrito por todos os estudiosos da obra de Gaudi. Entretanto, sempre se tomou a praça do Teatro Grego, sobre o mercado, como a superfície de captação da cisterna. Mas uma observação mais atenta mostra que a área da praça é demasiado pequena para o volume da cisterna, mesmo que os índices pluviométricos de Barcelona fossem iguais aos mais altos da Catalunha. Assim, seria necessária toda a área da vertente acima da praça funcionando como captador e despejando suas águas sobre o solo da praça do Teatro Grego.

Consulta Pública

A água infiltrava-se no solo poroso da praça, alcançando o topo das colunas de sustentação. Muitas dessas colunas eram ocas, permitindo a descida das águas até o interior da cisterna.

Mas além desse reservatório havia outros que não tinham sido trazidos à luz pelos estudiosos de Gaudí. A partir das pesquisas desenvolvidas para a tese doutoral - em conjunto com a equipe do Prof. Alberto Cuchí, orientador da tese - foram sendo descobertas outras cisternas, todas localizadas nas cabeceiras dos viadutos construídos no lado leste do parque (figuras 14 e 15).

Para conectar as três vias sub-horizontais o arquiteto criara rampas sinuosas que permitiam uma declividade suave e constante, facilitando o deslocamento de pedestres entre as partes alta e baixa do parque. Mas a rampa nem sempre podia acomodar-se à flor do terreno, sendo necessários cortes em alguns pontos e viadutos em outros (figura 14). No encontro do leito de um viaduto com o terreno normalmente se procede a um aterro entre muros de contenção, mas Gaudí preferiu deixar oco o espaço criado pelos muros de contenção, transformando-o em cisterna.

Sendo três os viadutos, temos, pois, seis cisternas, uma em cada cabeceira. Moradores do parque, os irmãos Martín e André Trias, junto com o geólogo Enric Sunyer, um estudioso da geologia do parque, informaram sobre a existência de 3 dessas cisternas, mostrando-nos suas bocas de acesso, algo difícil de perceber (figura 16). Mais tarde, com a continuidade das pesquisas, foram sendo descobertas as demais cisternas.

Assim, foi possível verificar que uma das cisternas do viaduto mais baixo esteve em uso por algum tempo, como denunciavam as faixas de umidade nas colunas e paredes e a lama ressecada sobre o piso (figura 15).

Outras dessas cisternas não chegaram a ser concluídas, como as do viaduto mais alto. O certo é que a estratégia de Gaudí para a irrigação das mudas usadas no reflorestamento incluía estas cisternas como parte do sistema de armazenamento da água da chuva. Talvez devessem existir outros depósitos no lado oeste do parque, o trecho mais inacabado, mas provavelmente sua construção fora descartada devido à interrupção das obras.

De qualquer modo, parece que o sistema, mesmo incompleto, foi capaz de cumprir a função proposta. É o que nos mostram uns postais dos primeiros anos do século XX, revelando uma importante evolução dos vegetais plantados por Gaudí cinco ou seis anos após o início das obras. O interessante sistema hídrico deveria ser utilizado para o fornecimento de água de

Consulta Pública

serviço ao condomínio, depois de cumprido seu papel original de apoiar o crescimento da vegetação. Mas o fracasso de vendas iria decretar o fim das obras, ficando o parque incorporado ao jardim da mansão de Eusebi Güell.

Hoje o Park Güell pertence ao município de Barcelona, transformando-se em um dos parques urbanos mais visitados do mundo. Felizmente, manteve-se razoavelmente bem preservado (figuras 17 a 22), permitindo que, através de pesquisas locais, se pudesse conhecer seu interessante sistema de captação de água de chuva. O que viria a atestar a capacidade técnica do arquiteto Antonio Gaudí nesta área do conhecimento.

Figura 1 – Montanha Pelada

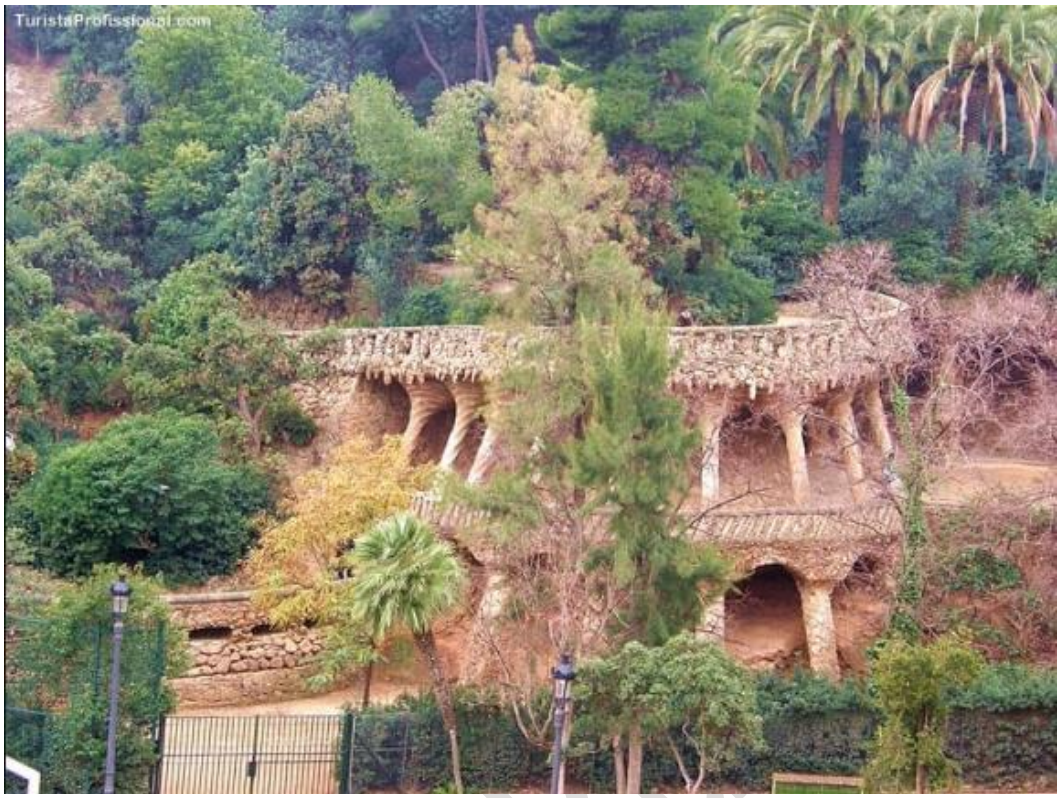


Figura 2 Vias de circulação cortando o terreno

Figura 3 – Vias de circulação cortando o terreno

Figura 4 – Escadas Drenantes

Figura 5 - As escadas drenantes, limitando os lotes, controlam o escorrimento pluvial

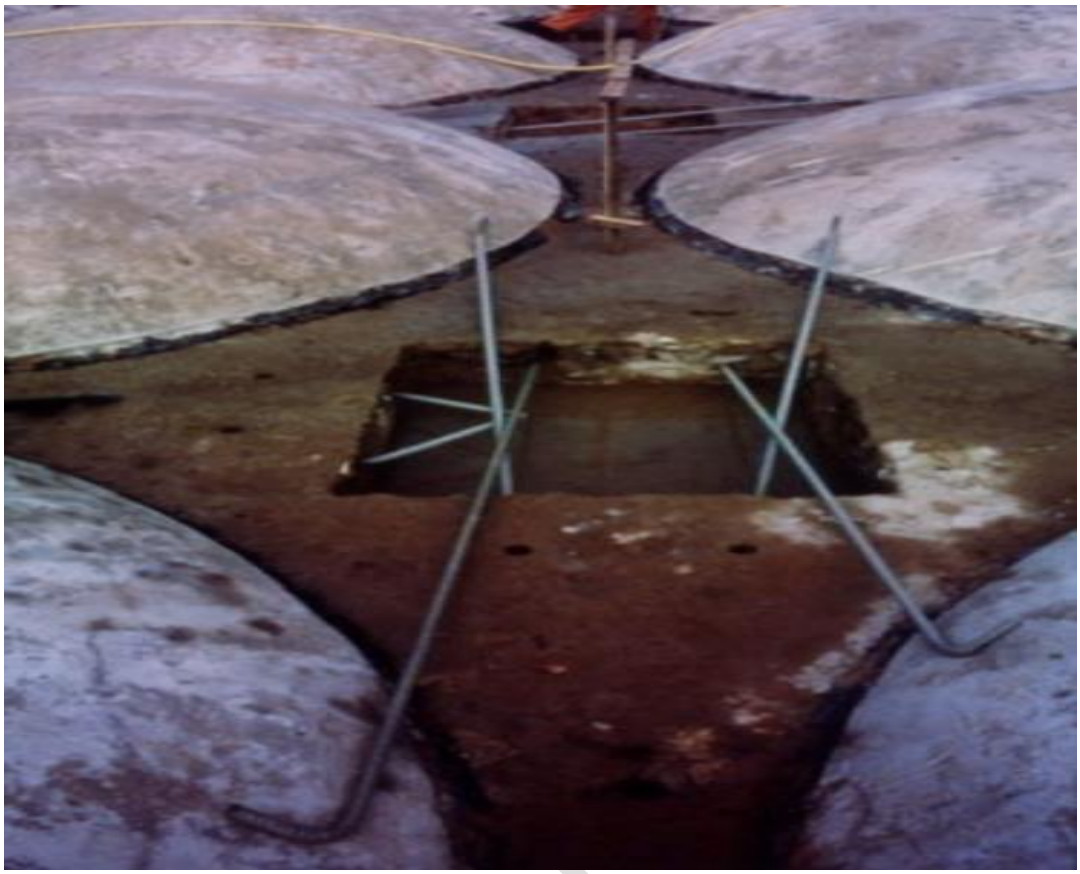


Figura 6 – Estas cúpulas do piso da praça (foto da restauração de 1973) pré-fabricadas são as mesmas utilizadas (invertidas) como bacias subterrâneas.

Figura 7 – Palmeiras das Canárias plantadas sobre bacias subterrâneas ao longo da via principal

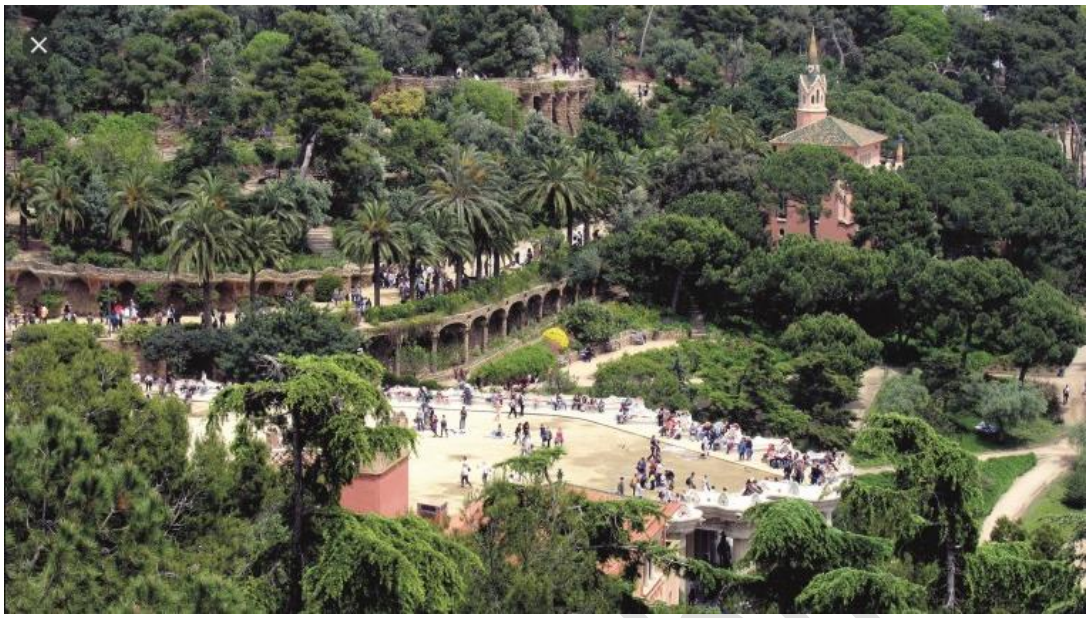


Figura 8 – Palmeiras das Canárias na via principal

Figura 9 – Sala Hipóstila

Figura 10 – Sala Hipóstila sob a praça

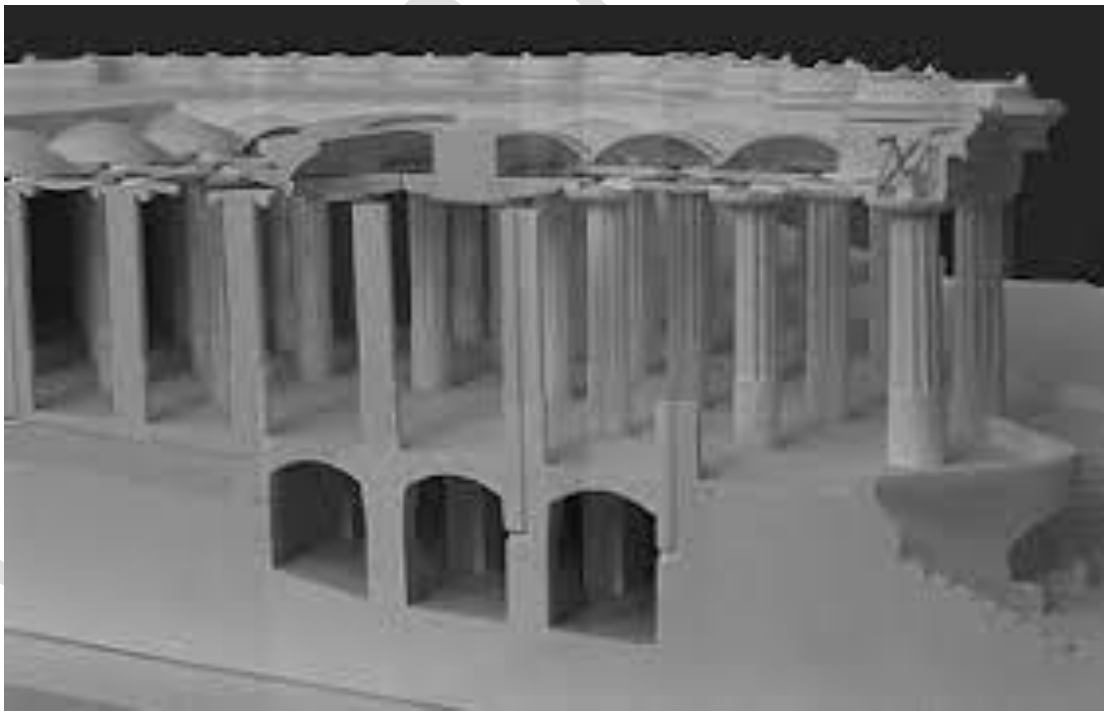


Figura 11 - A praça central do parque tem sua estrutura baseada em cúpulas apoiadas no topo de colunas. Muitas das colunas são ocas, permitindo que a água absorvida pela praça desça até o interior da grande cisterna abaixo. (Maquete realizada pela equipe da Profa. Laura Baringo, ETSAV/UPC)

Figura 12 – Cisterna abaixo da Sala Hipóstila

Figura 13 – Cisterna Principal

Figura 14 – Viadutos no setor leste do Parque Güell. Na cabeceira do viaduto mais baixo, em primeiro plano, localiza-se a cisterna da figura 15

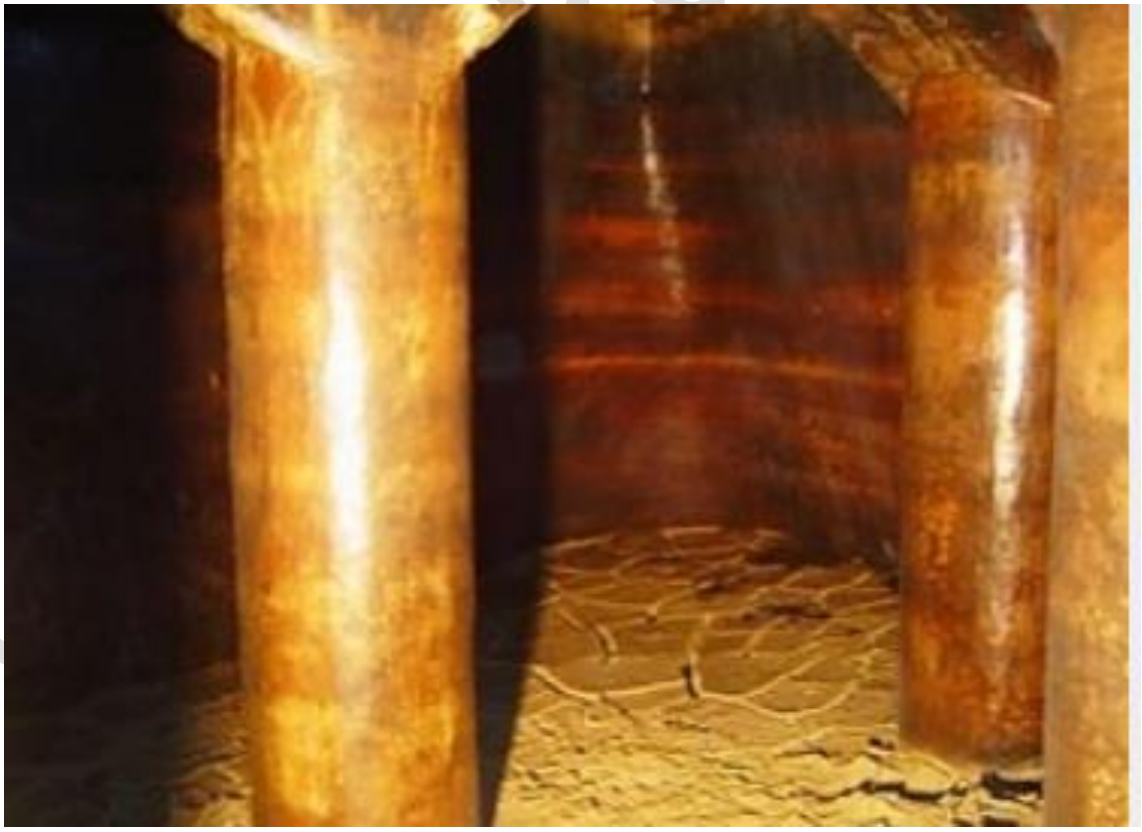


Figura 15 – Interior da Cisterna no viaduto mais baixo

Figura 16 – Entrada de Cisterna

Figura 17 – Entrada do Parque

Figura 18 – Vista da praça sobre a sala Hipóstila

Figura 19 – Vista dos bancos da praça e sistema de areia e brita para filtrar água da chuva

Figura 20 – Detalhe da praça

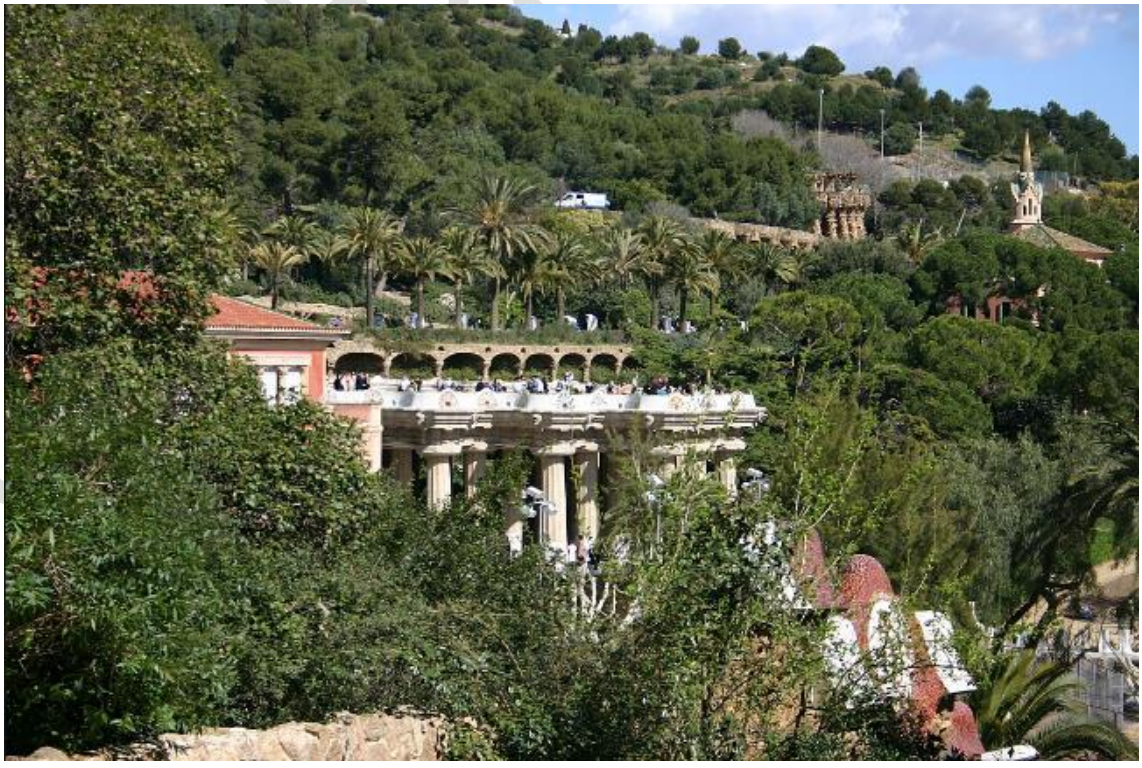
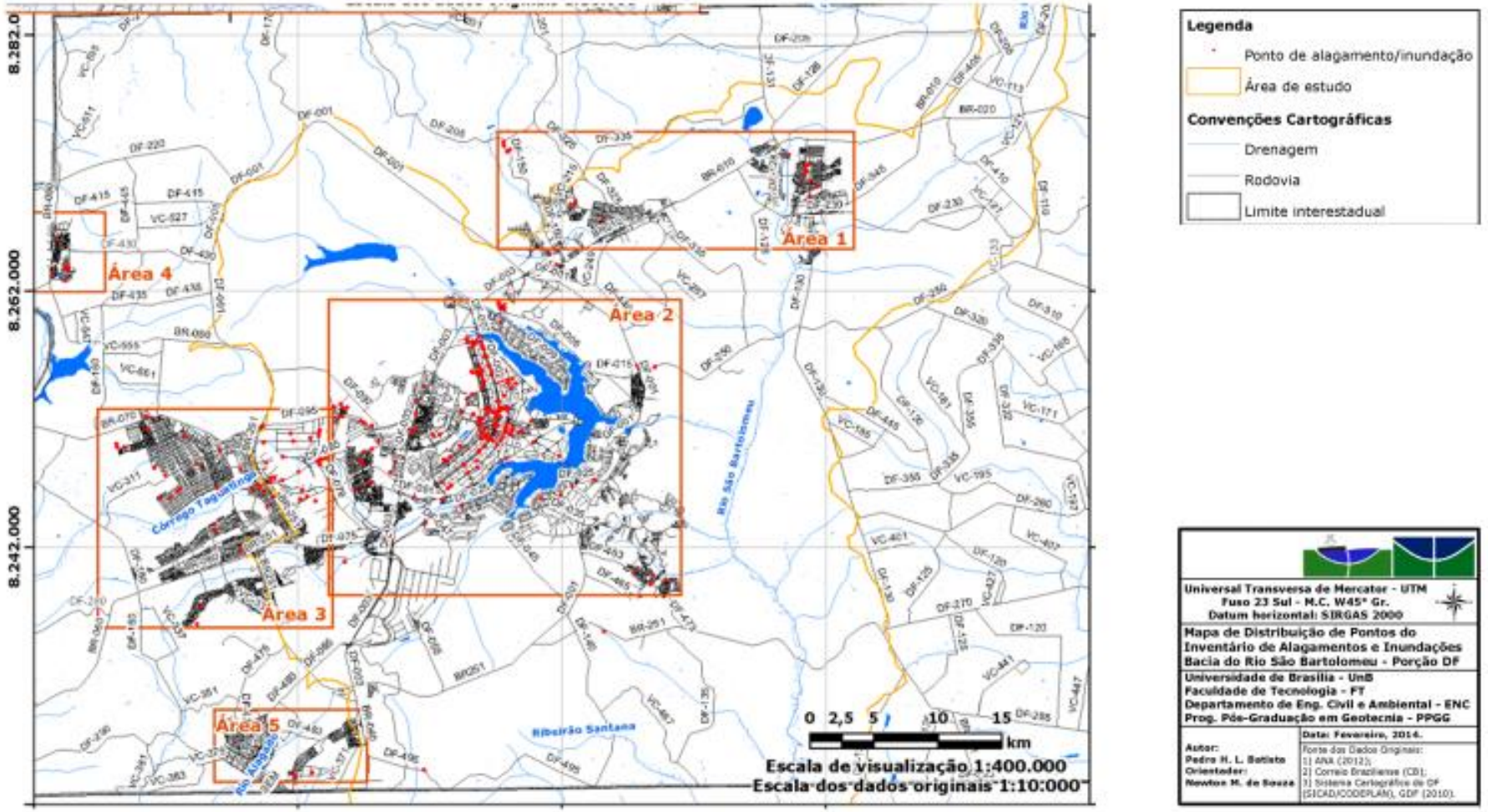


Figura 21 – Vegetação atual do parque

Figura 22 – Vista aérea atual da praça, sala Hipóstila e via principal com as Palmeiras das Canárias

Consulta Pú

Inventário de alagamentos e inundações



Legenda

- Ponto de alagamento/inundação
- Área de estudo

Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Rodovia
- Limite interestadual

Universal Transversa de Mercator - UTM
Fuso 23 Sul - M.C. W45° Gr.
Datum horizontal: SIRGAS 2000

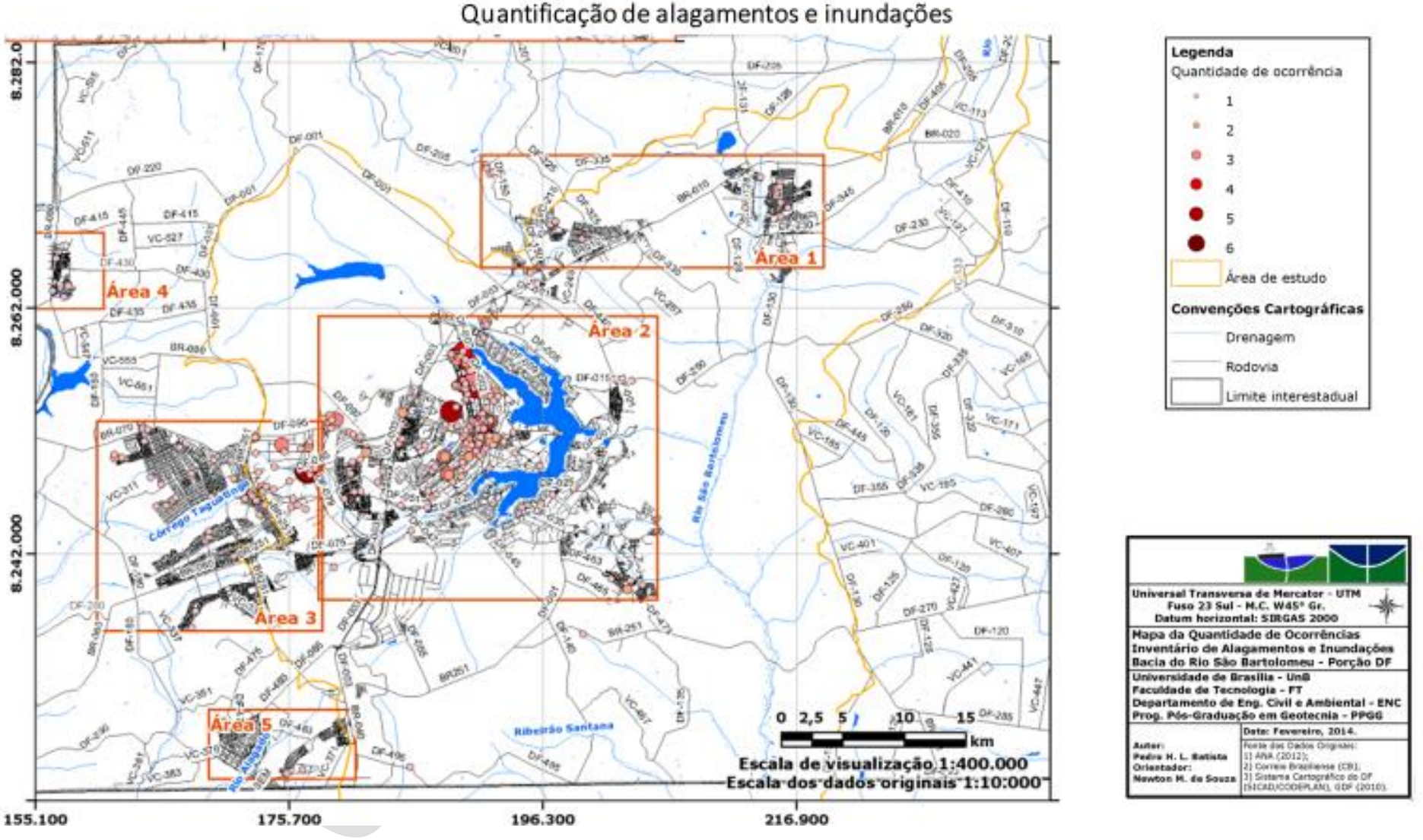
Mapa de Distribuição de Pontos do Inventário de Alagamentos e Inundações Bacia do Rio São Bartolomeu - Porção DF

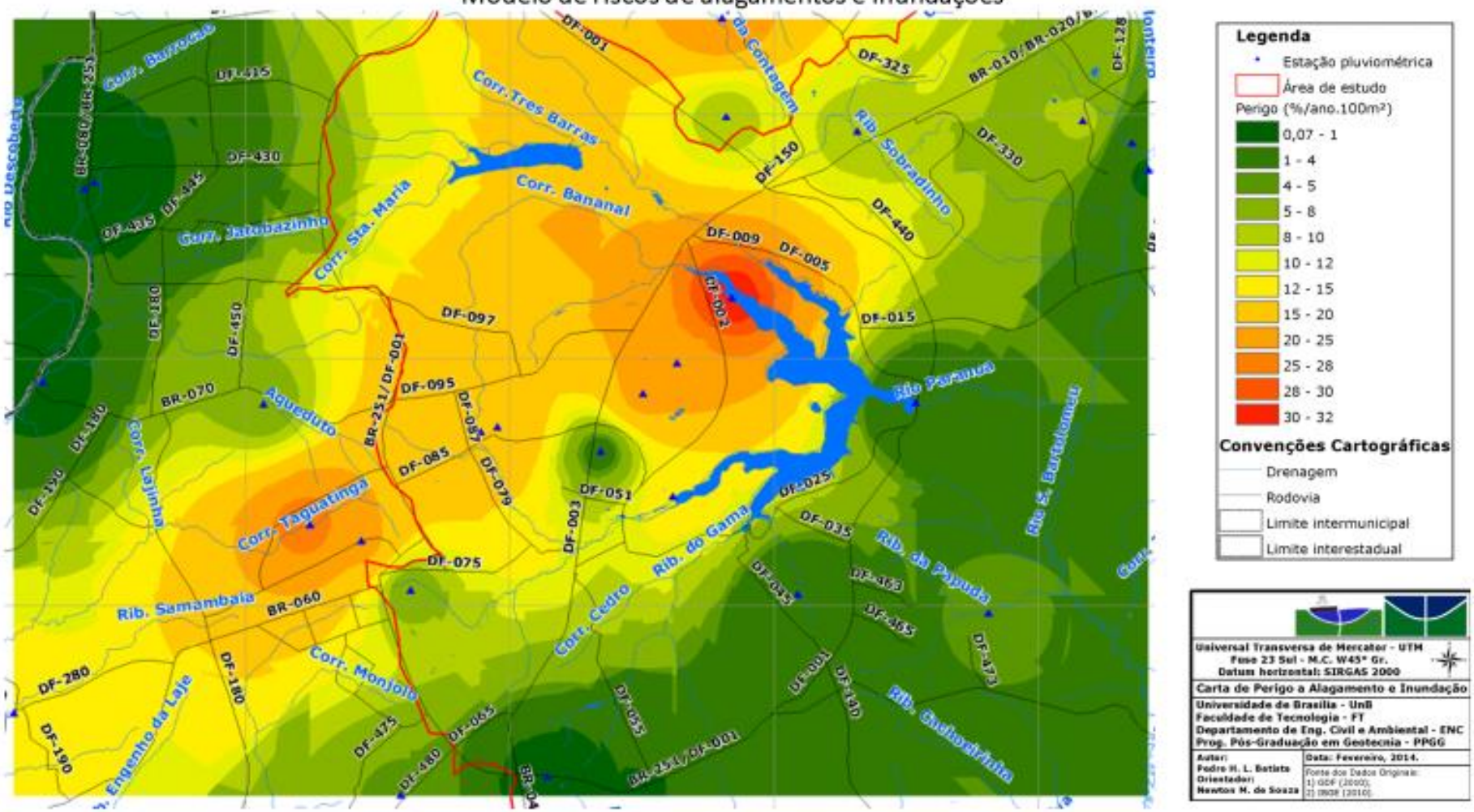
Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Eng. Civil e Ambiental - ENC
Prog. Pós-Graduação em Geotecnia - PPGG

Data: Fevereiro, 2014.

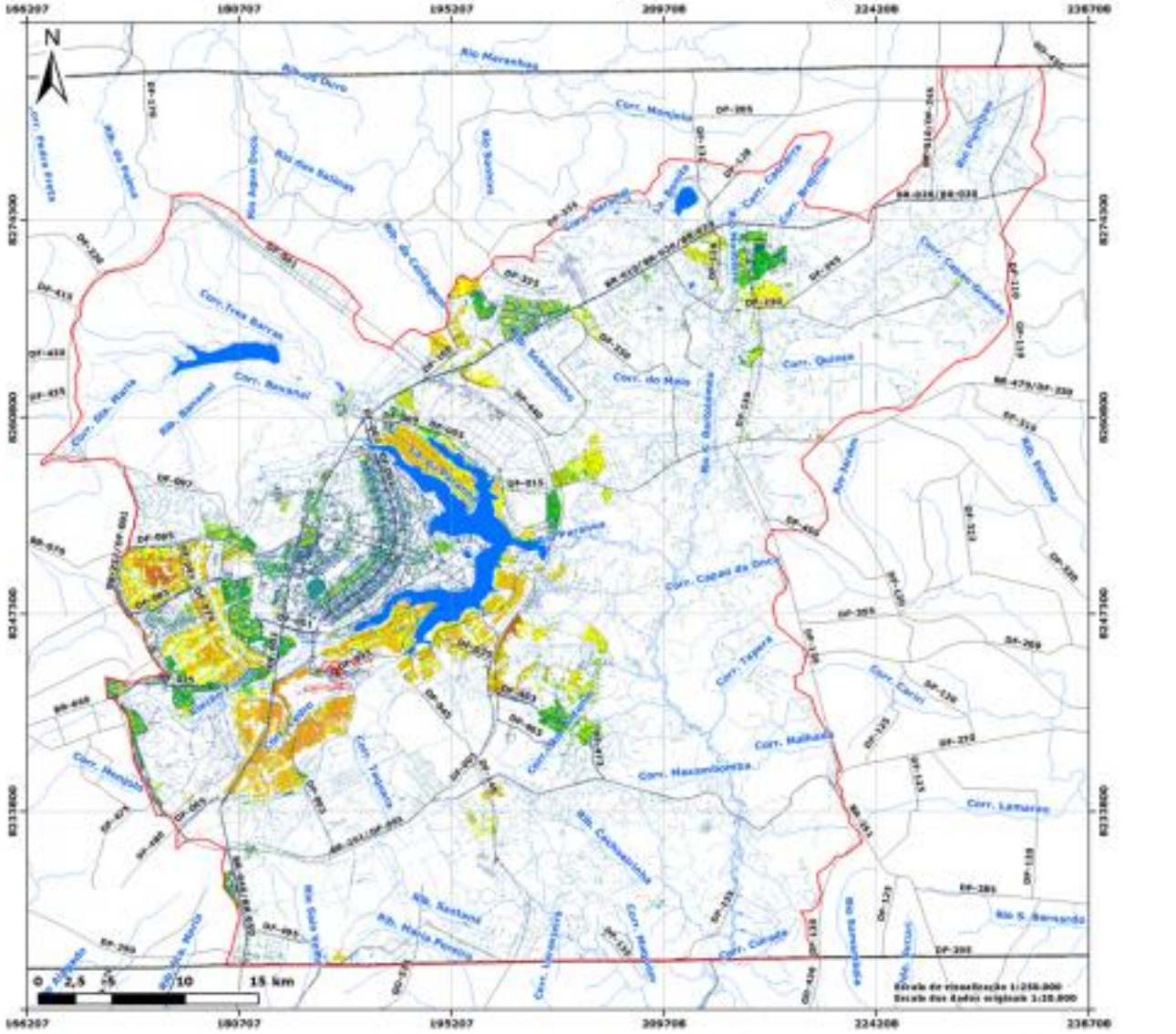
Autor:
Pedro H. L. Batista
Orientador:
Newton M. de Souza

Fonte dos Dados Originais:
1) ANA (2012);
2) Correio Braziliense (CB);
3) Sistema Cartográfico do DF (SICAD/CODEPLAN), GDF (2010).


Quantificação de alagamentos e inundações
Área 1
Área 2
Área 3
Área 4
Área 5
Legenda
Quantidade de ocorrência
1
2
3
4
5
6
Área de estudo
Convenções Cartográficas
Drenagem
Rodovia
Limite interestadual
Universal Transversa de Mercator - UTM
Fuso 23 Sul - M.C. W45° Gr.
Datum horizontal: SIRGAS 2000
Mapa da Quantidade de Ocorrências
Inventário de Alagamentos e Inundações
Bacia do Rio São Bartolomeu - Porção DF
Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Eng. Civil e Ambiental - ENC
Prog. Pós-Graduação em Geotecnia - PPGG
Data: Fevereiro, 2014.
Autor:
Pedro H. L. Batista
Orientador:
Newton M. de Souza
Fonte dos Dados Originais:
1) ANA (2012);
2) Correio Braziliense (CB);
3) Sistema Cartográfico do DF (SICAD/CODEPLAN), GDF (2010).
0 2,5 5 10 15
km
Escala de visualização 1:400.000
Escala dos dados originais 1:10:000
8.282.0
8.262.000
8.242.000
155.100
175.700
196.300
216.900


Modelo de riscos de alagamentos e inundações
Legenda
Estação pluviométrica
Área de estudo
Perigo (%/ano.100m²)
0,07 - 1
1 - 4
4 - 5
5 - 8
8 - 10
10 - 12
12 - 15
15 - 20
20 - 25
25 - 28
28 - 30
30 - 32
Convenções Cartográficas
Drenagem
Rodovia
Limite intermunicipal
Limite interestadual
Universal Transversa de Mercator - UTM
Fuso 23 Sul - M.C. W45° Gr.
Datum horizontal: SIRGAS 2000
Carta de Perigo a Alagamento e Inundação
Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Eng. Civil e Ambiental - ENC
Prog. Pós-Graduação em Geotecnia - PPGG
Autor:
Pedro H. L. Batista
Orientador:
Newton N. de Souza
Data: Fevereiro, 2014.
Fonte dos Dados Originais:
1) GDF (2000);
2) IBGE (2010).
Corr. Tres Barras
Corr. Bananal
Corr. Sta. Maria
Corr. Jatobazinho
Aqueduto
Corr. Taguatinga
Corr. Cedro
Corr. Monjolo
Rib. Sobradinho
Rib. do Gama
Rib. Samambaia
Rib. da Papuda
Rio Paranoá
Rio Descoberto
DF-001
DF-325
DF-150
DF-330
DF-440
DF-009
DF-005
DF-002
DF-015
DF-097
DF-095
DF-085
DF-079
DF-051
DF-003
DF-025
DF-035
DF-075
DF-463
DF-465
DF-473
DF-415
DF-430
DF-435
DF-345
DF-180
DF-450
BR-070
BR-251/DF-001
BR-060
DF-280
DF-190
DF-475
DF-480
DF-065

Vulnerabilidade e Consequências de alagamentos e inundações



Legenda

- Área de estudo
- Vulnerabilidade & Consequência US$/100 m²
  - < 500
  - 500 - 1.000
  - 1.000 - 5.000
  - 5.000 - 10.000
  - 10.000 - 50.000
  - 50.000 - 100.000
  - 100.000 - 1.000.000
  - 1.000.000 - 5.000.000
  - 5.000.000 - 10.000.000
  - 10.000.000 - 30.000.000
  - 30.000.000 - 36.675.532

Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Rodovia
- Limite intermunicipal
- Limite interestadual

Universal Transversa de Mercator - UTM
Fuso 23 Sul - M.C. W45° Gr.
Datum horizontal: SIRGAS 2000

Carta de Vulnerabilidade & Consequências

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Eng. Civil e Ambiental - ENC
Prog. Pós-Graduação em Geotecnia - PPGG

Autor: Pedro H. L. Batista
Orientador: Newton M. de Souza

Data: Fevereiro, 2014.

Fonte dos Dados Originais:
1) GDF (2010);
2) IBGE (2002).

Consulta Pública