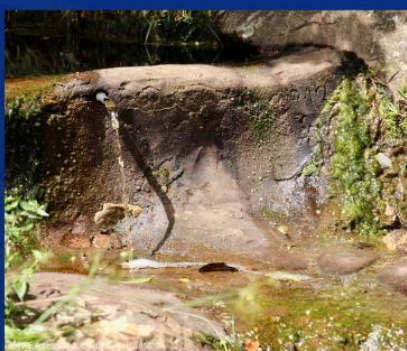




PROGRAMA ESTADUAL DE **REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

**DOCUMENTO DE CONSULTA PÚBLICA -
METODOLOGIA DE SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS**



IMAGENS: CBH SÃO FRANCISCO



PROGRAMA ESTADUAL DE

REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

**DOCUMENTO DE CONSULTA PÚBLICA -
METODOLOGIA DE SELEÇÃO DE ÁREAS
PRIORITÁRIAS**



GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Raquel Teixeira Lyra Lucena

Governadora

Priscila Krause Branco

Vice-Governadora

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO

José Almir Cirilo

Secretário

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Diretora-Presidente

Ana Rosa de Andrade Lima Leal

Diretora de Administração e Finanças

Maria Lorenzza Pinheiro Leite

Diretora de Gestão de Recursos Hídricos

Maria Crystianne Fonseca Rosal

Diretora de Regulação e Monitoramento

Gustavo José Barros Gurgel

Diretor de Gestão e Operação do Projeto de Integração do Rio Francisco



GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO
SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA

PROGRAMA ESTADUAL DE REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

*Documento de Consulta Pública - Metodologia de
Seleção de Áreas Prioritárias*

RECIFE/PE
2024

© 2024 Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC)

Av. Cruz Cabugá, 1111 - Santo Amaro.

CEP 50040-000 Recife/PE PABX: (81) 3183-1000

Endereço Eletrônico: www.apac.pe.gov.br

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de informações contidas nesta publicação, desde que citada a fonte.

Este documento é um produto do Documento-Base do Programa Estadual de Revitalização de Bacias Hidrográficas

Gerência de Revitalização de Bacias Hidrográficas - GRBH

Fernando Duarte Acioli

Gerente

Raquel Correia de Assis Machado

Gestora do contrato

Equipe Técnica - APAC

Alex Lima Rola

Alexsandro De Oliveira Almeida

Eduarda Oliveira Casanova

Fernando Duarte Acioli

Gilberto Queiroz de Lima Filho

Maria Lúcia Ferreira da Costa Lima

Mariucha Maria Correia de Lima

Raquel Correia de Assis Machado

Zilurdes Fonseca Lopes

Equipe de coordenação

Rafaela Priscilla Sena do Amaral

Vitor Carvalho Queiroz

Equipe técnica

Adelson Santos

Aline Oliveira Lima

Amanda Florentino de Oliveria

Ana Letícia Gaia da Rocha Almeida

André Luiz Bonacin Silva

Bruno Henrique Rosa da Silva

Camila Evellyn Cruz

Ésio de Castro Paes

Fabiano Pereira e Ferreira

Géssica C. P. Souza

Guilherme Gandra Franco

Júlia Molina Zerbini Chernicharo

Larissa Costa Silveira

Luiza Gontijo Álvares de C. Abreu

Márcia Maíra Melo Machado

Maria Clara da Silva Barbosa

Matheus Marques

Paulo Antônio Moreira Marques

Thais Regina Paes

Vitor Lages do Vale

Wesley Antônio Tadeu Cantelmo

Capa

Amanda Florentino de Oliveira

Bruno Henrique Rosa da Silva

Projeto Gráfico, Diagramação, Design dos Gráficos e Tabelas

Amanda Florentino de Oliveira

Ana Letícia Gaia da Rocha Almeida

Bruno Henrique Rosa da Silva

Cartografia

Bruno Henrique Rosa da Silva

Camila Evellyn Cruz

Guilherme Gandra Franco

Júlia Molina Zerbini Chernicharo

Márcia Maíra Melo Machado

Thais Regina Paes

Normalização Bibliográfica

Ana Letícia Gaia da Rocha Almeida

Larissa Costa Silveira

Maria Clara da Silva Barbosa

Revisão

Rafaela Priscilla Sena do Amaral

Larissa Costa Silveira

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classes de degradação das bacias hidrográficas - UP05.....	18
Figura 2 – Cálculo das Notas Finais de Prioridade Fonte: Adaptado de MIDR (2022)	22
Figura 3 – Dimensões de integração das Agendas Temáticas	24
Figura 4 – Classes de áreas de relevância percolação no estado de Pernambuco .	36
Figura 5 – Distribuição Espacial das Nascentes em Pernambuco de acordo com a base de dados da hidrografia ottocodificada da ANA (2017)	39
Figura 6 – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação.....	41
Figura 7 – Classificação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, segundo o sistema GOD em Pernambuco.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Contribuições apontadas no formulário de Registro de Contribuições à seleção de áreas prioritárias	14
Quadro 2 – Contribuições apontadas durante a 2ª Conferência Pública	14
Quadro 3 – Construção da nota de prioridade de revitalização	23
Quadro 4 – Classificação da prioridade de revitalização de bacias	23
Quadro 5 – Indicadores utilizados para a construção das Agendas Temáticas	25
Quadro 6 – Classificação da avaliação consolidada de criticidade das agendas setoriais do RP01 – Diagnóstico Ambiental	26
Quadro 7 – Construção da nota de tendências de desenvolvimento socioeconômico	28
Quadro 8 – Classificação do crescimento projetado das áreas de irrigação total e de cana-de-açúcar por unidade de planejamento	29
Quadro 9 – Classificação do crescimento projetado do quantitativo pecuário	30
Quadro 10 – Classificação do crescimento projetado do número de funcionários da indústria.....	31
Quadro 11 – Classificação do crescimento projetado da população total	31
Quadro 12 – Construção da nota de relevância hídrica das bacias	32
Quadro 13 – Classificação da precipitação média por UP	33
Quadro 14 – Valoração quanto ao potencial de percolação das compartimentações geomorfológicas.....	34
Quadro 15 – Valoração do potencial de recarga dos tipos de solo	35
Quadro 16 – Classificação do potencial de percolação por UP	37
Quadro 17 – Classificação da densidade de nascentes.....	38
Quadro 18 – Pesos atribuídos para o parâmetro Grau de Confinamento da água subterrânea (G).....	43
Quadro 19 – Pesos atribuídos para o parâmetro Ocorrência de estratos de cobertura (O).....	43
Quadro 20 – Pesos atribuídos para o parâmetro Distância até o aquífero freático (D)	43
Quadro 21 – Classificação da vulnerabilidade dos aquíferos.....	44
Quadro 22 – Classes de degradação ambiental das bacias	47

LISTA DE NOMENCLATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
Apac	Agência Pernambucana de Águas e Clima
APCB	Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FUNAI	Fundação Nacional dos Povos Indígenas
GOD	Grau de confinamento da água subterrânea, Ocorrência de estratos de cobertura e Distância até o aquífero freático
GOVPE	Governo de Pernambuco
GT	Grupo de Trabalho
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	<i>Inverse Distance Weighted</i>
IFDM	Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LAPIG	Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
PE	Pernambuco
PERBH-PE Pernambuco	Programa Estadual de Revitalização de Bacias Hidrográficas de Pernambuco
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNRBH	Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos

PTD	Plano de Trabalho Detalhado
RE	Resumo Executivo
RF	Relatório Final
RP	Relatório Parcial
SEMAS-PE Noronha	Secretaria de Meio Ambiente, Sustentabilidade e de Fernando de
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNSH	Secretaria Nacional de Segurança Hídrica
UP	Unidade de Planejamento

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO.....	10
2.	OBJETIVO DA CONSULTA PÚBLICA	13
1.	CONTRIBUIÇÕES PARA A METODOLOGIA DO RP06	14
1.1.	ALTERAÇÃO NA METODOLOGIA DE CONCESSÃO DE NOTA PARA O CRITÉRIO DE DEGRADAÇÃO DE BACIAS.....	15
1.2.	ALTERAÇÃO NOS SUBCRITÉRIOS DE RELEVÂNCIA HÍDRICA.....	19
2.	METODOLOGIA DE SELEÇÃO DAS UPS PRIORITÁRIAS.....	21
2.1.	IDENTIFICAÇÃO DAS UPS PRIORITÁRIAS	22
2.1.1.	CRITÉRIO Nº 1: CRITICIDADE DAS AGENDAS TEMÁTICAS.....	24
2.1.2.	CRITÉRIO Nº 2: TENDÊNCIAS DE DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO	27
2.1.3.	CRITÉRIO Nº 3: RELEVÂNCIA HÍDRICA.....	32
2.1.1.	CRITÉRIO Nº 4: DEGRADAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	46
3.	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS.....	49

1. APRESENTAÇÃO

A Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) firmou com a empresa HIDROBR Consultoria Ltda. o Contrato nº. 011/2023, vinculado ao Processo Administrativo de Licitação Nº 001/2022, Concorrência Nº 001/2022 para a “Contratação de pessoa jurídica especializada para elaboração do Documento Base do Programa Estadual de Revitalização das Bacias Hidrográficas de Pernambuco”, em conformidade com o Termo de Referência SEI/GOVPE - 25526857 - GOVPE, Processo nº PA.001.2022.CEL.CONC.001.APAC.

Neste sentido, o presente documento é parte integrante do Relatório Parcial (RP) nº 06 – Áreas Prioritárias e Estratégias de Revitalização, no qual detalha a metodologia utilizada para priorização das bacias hidrográficas (considerando suas características e relevância hídrica, degradação das bacias, tendências de desenvolvimento socioeconômico, entre outros aspectos).

O Programa em questão está sendo coordenado pela Apac (vinculada à Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento), que atua como órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos – PERH (Lei Estadual nº 11.426/1997), conforme suas atribuições e competências definidas na Lei Estadual nº 14.028/2010 (Lei de criação da Apac).

Ressalta-se que este está sendo elaborado à luz da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (Lei Federal nº 9.433/1997); do Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas e da Política Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (Lei Estadual nº 11.426/1997). Tal iniciativa está em conformidade com o Convênio Plataforma +Brasil nº 906.673/2020, firmado entre a Apac e a Secretaria Nacional de Segurança Hídrica do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional - SNSH/MIDR, com a finalidade de atender o objetivo de elaboração do documento base para o Programa Estadual de Revitalização de Bacias Hidrográficas de Pernambuco e implementação de projeto experimental de revitalização na microbacia hidrográfica da nascente do Rio Pajeú.

O trabalho integral consistirá em 4 etapas e originará os seguintes Produtos:

Etapa inicial

- Plano de Trabalho Detalhado (PTD);

Etapa 1 – Diagnóstico ambiental, socioeconômico e institucional

- Relatório Parcial 1 (RP01) – Diagnóstico Ambiental;
- Relatório Parcial 2 (RP02) – Diagnóstico Institucional;
- Relatório Parcial 3 (RP03) – Diagnóstico Socioeconômico e Tendências de Desenvolvimento; e
- Relatório Parcial 4 (RP04) – Mapeamento da Degradação das Bacias.

Etapa 2 – Áreas Prioritárias, Mecanismos e Estratégias para Revitalização

- Relatório Parcial 5 (RP05) – Mecanismos e Instrumentos de Revitalização;
- Relatório Parcial 6 (RP06) – Áreas Prioritárias e Estratégias de Revitalização, do qual se trata o presente documento; e
- Relatório Parcial 7 (RP07) – Portfólio de Projetos.

Etapa 3 – Comunicação, mobilização e participação social

- Relatório Parcial 8-A (RP08-A) – Comunicação, Mobilização e Participação Social – Conferência Pública – PTD;
- Relatório Parcial 8-B (RP08-B) – Comunicação, Mobilização e Participação Social – Conferência e Consulta Pública – Diagnóstico e Seleção de Áreas Prioritárias; e
- Relatório Parcial 8-C (RP08-C) – Comunicação, Mobilização e Participação Social – Conferência e Consulta Pública sobre o Documento Base e Consolidação de todas as ações de participação e comunicação social realizadas ao longo do processo de elaboração do PERBH.

Etapa 4 – Documento Base do Programa de Revitalização

- Relatório Parcial 9 (RP09) – Sistemas Gerenciais de Base de Dados (SGBD);

- Relatório Final (RF) – Documento Base do Programa de Revitalização; e
- Resumo Executivo (RE) – Documento com a síntese das principais informações sobre o PERBH, em linguagem acessível para a população em geral.

2. OBJETIVO DA CONSULTA PÚBLICA

Este relatório é motivado pela 2ª Conferência Pública do PERBH-PE, ocorrida em 04/09/2024. Na ocasião, foram apresentados os resultados principais dos produtos concluídos até então (RP01 a RP05) e a discussão da metodologia proposta para a seleção de áreas prioritárias e os resultados preliminares do RP06.

Durante a conferência, foi disponibilizado um formulário no qual os participantes poderiam enviar contribuições, críticas e sugestões para o aprimoramento da metodologia aplicada. Além disso, também foram considerados os apontamentos feitos pela audiência de forma verbal e pelo chat do *Google Meet* - plataforma utilizada para realização do evento.

De modo a concretizar o objetivo de promover um Programa de Revitalização participativo, a Apac em conjunto com a HIDROBR, apresenta este documento no âmbito da **1ª Consulta Pública do PERBH-PE**. O objetivo central é dar publicidade aos ajustes realizados na metodologia do RP06 (tomando como insumo os apontamentos feitos pelo público durante a 2ª Conferência) e receber novas contribuições para aprimoramento.

Neste documento está sintetizada toda a metodologia sugerida para a determinação das áreas prioritárias do PERBH-PE. Buscou-se apontar os embasamentos teóricos para as proposições de critérios feitas, bem como referenciar o conjunto de dados utilizados para chegar nas notas finais de prioridade.

1. CONTRIBUIÇÕES PARA A METODOLOGIA DO RP06

A 2ª Conferência Pública do PERBH-PE foi rica em contribuições para melhoria da metodologia do RP06 – Seleção de Áreas Prioritárias e Estratégias de Revitalização. Sobre isso, cabe destacar que durante o evento foi disponibilizado diversas vezes, pelo *chat*, o formulário de “Registro de Contribuições à seleção de áreas prioritária”, com o intuito de recolher as principais contribuições do público quanto à apresentação, no sentido de aprimorar a metodologia do RP06.

Das respostas, duas¹ foram consideradas relevantes para alterações metodológicas, conforme resultado disposto no Quadro 1. Ressalta-se que todas as contribuições feitas no formulário, inclusive aquelas que não influenciam diretamente a metodologia do RP06, serão respondidas por e-mail.

Além disso, a equipe da HIDROBR também teve atenção às contribuições que foram feitas verbalmente ou pelo *chat* do *Meet* por parte dos participantes. Sobre esse caso, observou-se os questionamentos dispostos no Quadro 2.

Quadro 1 – Contribuições apontadas no formulário de Registro de Contribuições à seleção de áreas prioritárias

ID	Contribuições sobre os resultados apresentados do RP06
1	Considero importante um esforço de incorporar questões locais na metodologia, visto que a escala de análise foi baseada num modelo de análise nacional e isso pode ocasionar algumas distorções. De repente a utilização de alguns filtros. SEMAS-PE.
2	Acredito que deva haver uma melhor avaliação no tocante da Bacia do Rio Ipojuca. Onde um polo têxtil faz de efluente o principal rio, diversas cidades desaguam esgotos no mesmo e o rio é considerado o segundo mais poluído no Brasil. Em um caso assim, como não há prioridade de recuperação nesta bacia?

Fonte: HIDROBR (2024)

Quadro 2 – Contribuições apontadas durante a 2ª Conferência Pública

ID	Forma de contribuição	Contribuições sobre os resultados apresentados do RP06
1	Comentário escrito no <i>Google Meet</i>	As metodologias não podem ser engessadas. Várias bacias do semiárido aparecem com baixa criticidade, mas se não forem feitos investimentos em recuperação agora, futuramente será mais difícil recuperar. Com a revitalização dessas bacias pode alavancar o desenvolvimento nessas regiões.

¹ Ressalta-se que algumas das contribuições eram apontamentos de dúvidas/sugestões que já foram respondidos ou avaliados na própria Conferência. No mais, como apontado, todos os participantes que enviaram contribuições pelo formulário serão respondidos por e-mail.

ID	Forma de contribuição	Contribuições sobre os resultados apresentados do RP06
2	Comentário falado no <i>Google Meet</i>	Expressou preocupação sobre a concentração de dados de outorga no litoral e agreste, ressaltando a falta de informações sobre o interior do estado, o que pode impactar a gestão dos recursos hídricos. Ele destacou a bacia do Moxotó como uma área crítica que requer atenção, mencionando que pode ser um ponto de virada para a região em termos de desenvolvimento tecnológico e econômico.
3	Comentário falado no <i>Google Meet</i>	Expressou preocupação sobre a degradação da água na bacia do Goiana, afirmando que a degradação é mais severa do que em outras áreas conhecidas. Sugeriu que a mobilização para o próximo mês de setembro deve ser cuidadosamente planejada, considerando que é um período crítico para as prefeituras. Expressou sua preocupação com a classificação da Bacia do Goiânia como a segunda mais degradada em Pernambuco, questionando a precisão dessa avaliação.
4	Comentário falado no <i>Google Meet</i>	Expressou preocupações sobre alguns parâmetros e resultados apresentados, indicando que o comitê da base do Ipojuca não concorda com várias informações e que se posicionará por escrito.

Fonte: HIDROBR (2024)

A partir destas contribuições, as alterações metodológicas aplicadas do RP06 foram sobretudo duas alterações, detalhadas nos itens a seguir. O capítulo 2 deste relatório sintetiza toda a metodologia empregada no RP06, já considerando as alterações provocadas pelos *feedbacks* da Conferência Pública.

1.1. ALTERAÇÃO NA METODOLOGIA DE CONCESSÃO DE NOTA PARA O CRITÉRIO DE DEGRADAÇÃO DE BACIAS

Os dados de degradação de bacias hidrográficas, construídos no âmbito do RP04 – Mapeamento da Degradação das Bacias constituíram critério específico da composição da nota de prioridade de revitalização.

Conforme apresentado na 2ª Conferência Pública, a estratégia de concessão de nota desse critério baseou-se na distribuição percentual do território das UPs por entre as classes de degradação de bacias. Este indicador intermediário foi construído a partir de média ponderada: atribuiu-se peso 4 ao percentual da UP classificado como “Muito Degradado”, peso 3 ao percentual classificado como “Degradado”, e assim sucessivamente. Nesse sentido, quanto maior o percentual da UP inserido em classes de maior degradação, maior o valor do indicador intermediário.

Em seguida, este valor foi classificado de forma decrescente e as UPs receberam suas notas finais de degradação (notas de 1 a 4) conforme sua posição neste *ranking* e a magnitude de seus indicadores intermediários.

Apesar disso, conforme notado pelos participantes da 2ª Conferência, essa forma de conceder as notas provocou distorções. O resultado mais notável nesse sentido é o da UP05 – Ipojuca, alvo de questionamentos no formulário de contribuições, como pode-se notar no comentário nº 2 do Quadro 1.

Avalia-se da Figura 1, que apresenta recorte do resultado do RP04 para a bacia do Ipojuca, que há concentração de áreas classificadas como conservadas à montante, na porção do território em que se localizam municípios como Belo Jardim, Sanharó, Pesqueira e outros próximos. Já a porção média e baixa da bacia apresentam tendência de maior degradação, especialmente a partir de municípios relevantes como Caruaru até o litoral.

Essa porção da bacia congrega municípios mais populosos e com maior relevância econômica. Estas atividades representam diversas pressões aos recursos hídricos, como lançamento de esgotos sem tratamento, de efluentes industriais, entre outros. No total, 44% do território da bacia está classificado como “degradada”, o que se conecta com estes grandes impactos ambientais aos quais ela está sujeita.

Apesar disso, a metodologia aplicada para concessão de notas penalizava de sobremaneira a nota do indicador intermediário da UP05, especialmente em função do percentual de áreas inseridas na classe conservada, na porção mais alta da bacia hidrográfica.

Dessa forma, foi alinhado entre a HIDROBR e a Apac que a metodologia de valoração do critério de degradação de bacias hidrográficas seria alterada para outra mais direta: as notas passam a ser dadas em função da soma dos percentuais do território classificados como “Degradado” e “Muito Degradado”, segundo intervalos definidos.

Maiores detalhes sobre a alteração podem ser avaliados no item 1. Com isto, a avaliação da degradação de bacias se tornou mais alinhada à realidade, com a definição dos intervalos de classificação sendo construídos de modo a representar de

forma mais fidedigna os panoramas de degradação, solucionando distorções como a da UP05 – Ipojuca.

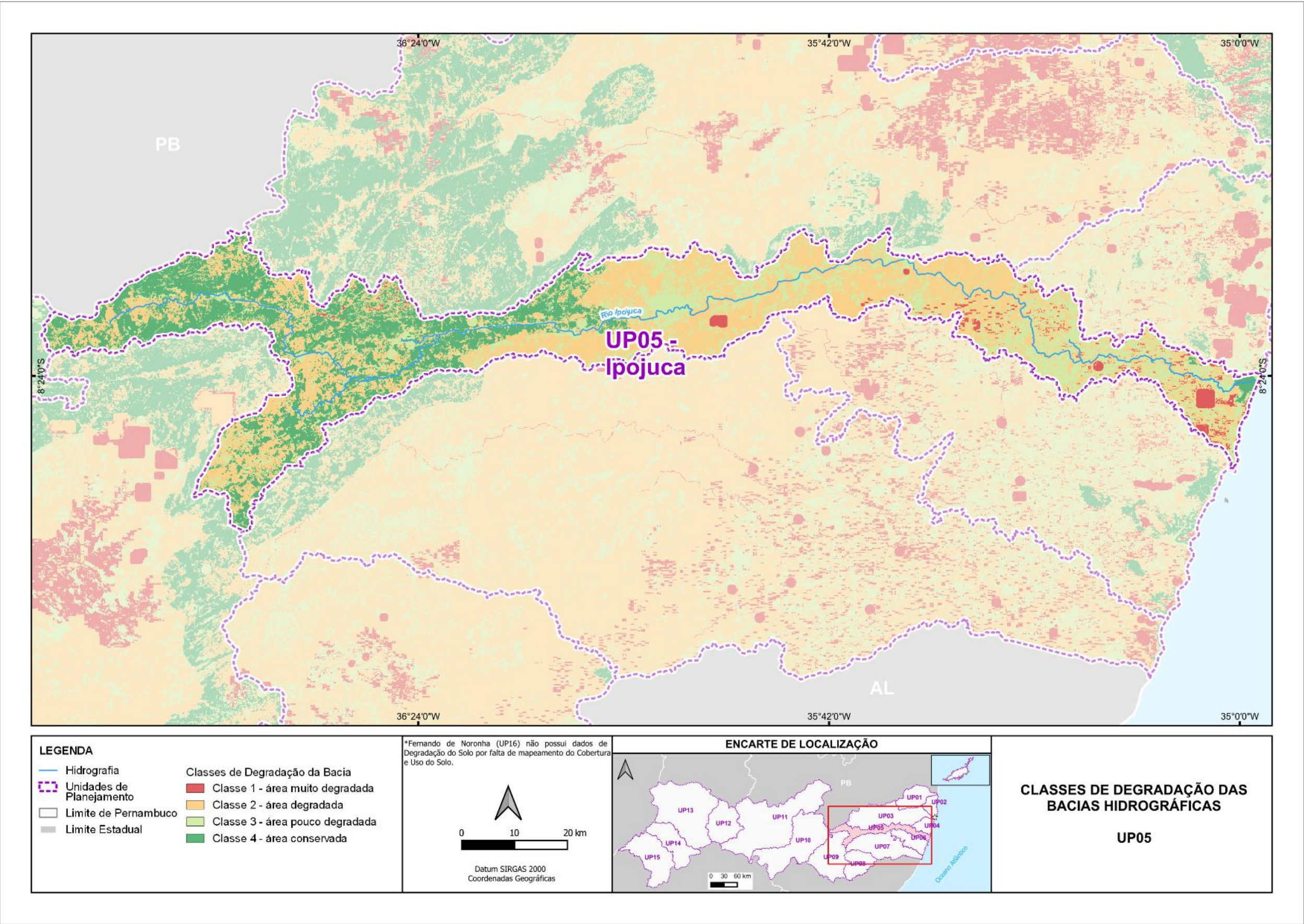


Figura 1 – Classes de degradação das bacias hidrográficas - UP05
Fonte: HIDROBR (2024)

1.2. ALTERAÇÃO NOS SUBCRITÉRIOS DE RELEVÂNCIA HÍDRICA

Conforme apontado na 2ª Conferência Pública do PERBH-PE, a metodologia original de avaliação do critério de relevância hídrica contemplava dois conjuntos de subcritérios:

- O conjunto de “Quantidade de água”, que incluía subcritérios ligados a atributos físicos das bacias hidrográficas, como a quantidade de nascentes, o potencial de percolação da água no solo, entre outros;
- O conjunto de “Demandas atuais”, que buscava inserir na avaliação considerações sobre o quão pressionados os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) estão pelos usos dados à água, bem como a diversidade de usos em cada bacia.

Para avaliação deste segundo grupo de subcritérios (“Demandas atuais”), a principal base de dados utilizada para avaliação dos usos da água foi a base de dados das outorgas (superficiais e subterrâneas) disponibilizadas pela Apac à equipe elaboradora do PERBH-PE.

A fim de avaliar a pressão nos recursos hídricos, fez-se a ponderação entre a soma das vazões outorgadas de uma dada UP e a sua disponibilidade hídrica (com dados extraídos do PERH-PE (2022)). Já para avaliação da multiplicidade, lançou-se olhar para a variedade de finalidades associadas às outorgas.

Apesar de ser uma avaliação conceitualmente relevante para a definição de prioridades de revitalização, foi apontado durante a 2ª Conferência Pública (apontamento nº 2 do Quadro 2) que os dados de outorgas da Apac são consistentes e representativos da realidade apenas no agreste, zona da mata e litoral do estado – havendo grande quantidade de usos não outorgados na porção do sertão pernambucano.

O grande problema associado a isto é que, por ter baixo número de outorgas registradas, o somatório da vazão outorgada das bacias do sertão tende a ser menor do que as demandas reais são. Essa deficiência dos dados, portanto, tende a apontar cenário de pressões sobre as disponibilidades hídricas menores do que a realidade.

A utilização desta fonte de dados para avaliar os subcritérios de demandas atuais para as UPs do sertão acabaria por minorar as notas finais destas UPs. Também seria base de comparação injusta em relação às demais UPs em que o instrumento de outorgas já está mais consolidado.

Considerando isso, a HIDROBR em conjunto com a Apac optou por remover este grupo de subcritérios da avaliação, de modo a manter metodologia mais condizente com a realidade para avaliação da priorização. Dessa forma, como há de apresentar em detalhes no item 2, foram mantidos apenas os 3 subcritérios associados ao grupo de “Quantidade de Água”.

Pesou nesta decisão o fato de que não haveria nenhuma outra base de dados tão sistemática e organizada quanto os dados de outorgas para avaliação dos usos atuais e demandas hídricas. A possibilidade de manter os subcritérios, mas aplicar a eles pesos diferentes nas UPs do sertão foi aventada. Neste caso, ter-se-ia o objetivo de diminuir a influência desses elementos na nota destas UPs, dando a eles pesos menores. No entanto, conforme entendimento da Apac e da HIDROBR, isso poderia prejudicar a isonomia da avaliação e provocar distorções.

Cabe destacar que o conjunto de pesos dos 3 subcritérios de relevância hídrica que permaneceram na análise foram reajustados de forma proporcional, na intenção de cobrir a remoção dos 3 subcritérios de demandas atuais que antes respondiam por 50% da nota.

2. METODOLOGIA DE SELEÇÃO DAS UPS PRIORITÁRIAS

De acordo com o PERH-PE (2022), o território do estado foi dividido em 16 unidades de planejamento (UPs). As UPs foram numeradas com base na localização geográfica de seu território.

A numeração, na região litorânea, ocorreu do Norte para o Sul, e, no interior do estado, ocorreu do Leste para o Oeste, com exceção da UP16 – Fernando de Noronha. A UP que está mais a leste e norte foi nomeada como UP01 – Goiana e a UP que está mais a oeste como UP15 – Pontal (PERH, 2022).

Considerando as disposições do PERH-PE, que sugerem a utilização das UPs como base para o planejamento das ações de gestão de recursos hídricos e a Resolução CRH nº 08/2022, que aprova a atualização do plano, considerou-se as UPs como as unidades de referência das análises.

Cabe destacar que, apesar de o levantamento neste momento fazer a avaliação por UP, no RP07 – Portfólio de Projetos, próximo produto a ser elaborado, serão sugeridas intervenções para áreas específicas dentro das UPs prioritárias. Serão considerados, para isso, os dados dos diagnósticos já produzidos no PERBH-PE e o conhecimento de comitês de bacias, ONGs, instituições públicas e privadas, entre outros entes envolvidos na realidade das bacias hidrográficas. Estes serão convidados a participar de oficinas para discussão do panorama interno das UPs selecionadas.

Para identificação das UPs prioritárias, selecionaram-se as variáveis de análise e os pesos atribuídos a elas em conjunto com a Apac. Os indicadores foram ponderados pelos pesos globais, a fim de obter nota final, que corresponde à prioridade da revitalização para cada UP, conforme **Figura 2**.

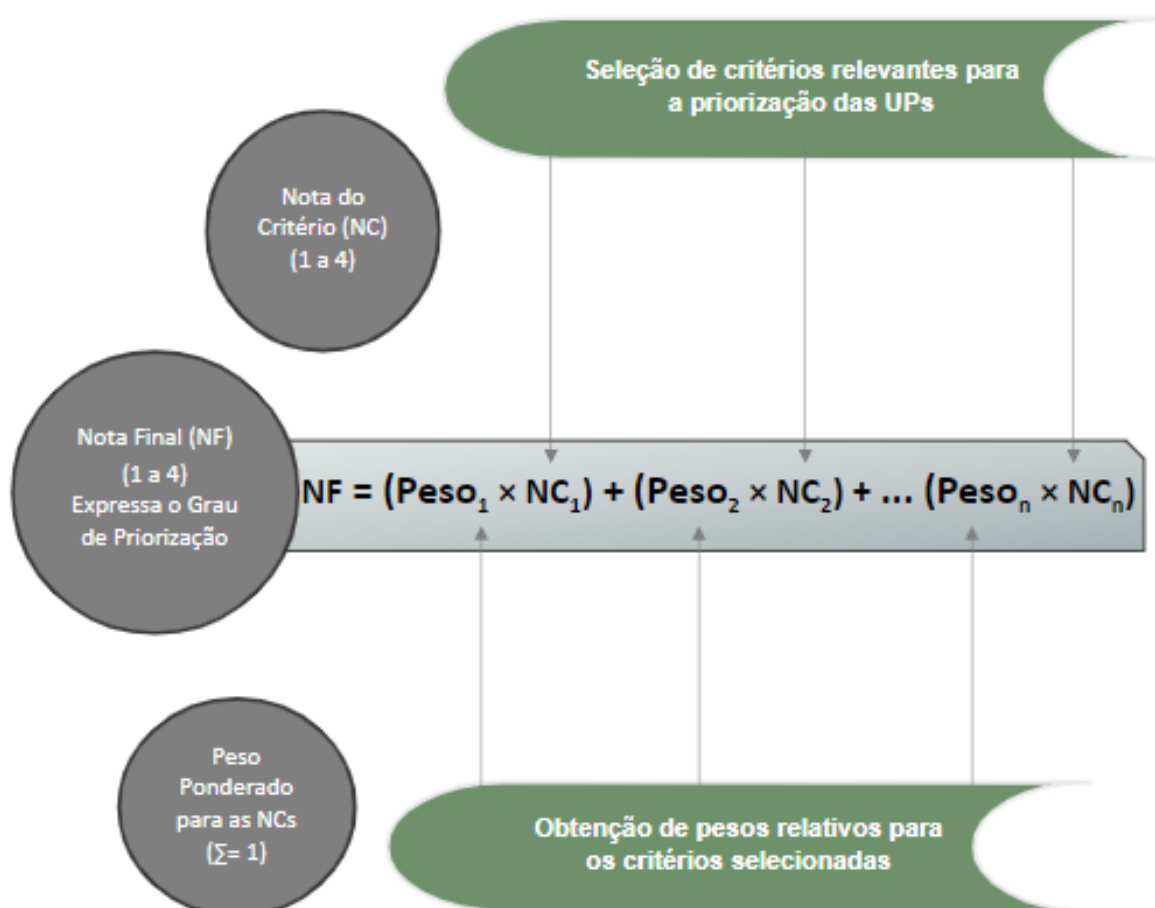


Figura 2 – Cálculo das Notas Finais de Prioridade

Fonte: Adaptado de MIDR (2022)

2.1. IDENTIFICAÇÃO DAS UPS PRIORITÁRIAS

Para a identificação das UPS prioritárias, procedeu-se a soma ponderada das valorações atribuídas, respectivamente, à degradação ambiental, à criticidade das agendas setoriais, às tendências de desenvolvimento econômico e à relevância hídrica, conforme as disposições do Quadro 3.

Cada um destes critérios foi selecionado com vistas a contemplar alguma questão relevante para seleção de UPS prioritárias para revitalização, conforme há de se detalhar adiante nos itens dedicados à apresentação de cada um deles.

Os pesos associados a cada critérios foram definidos em comum acordo pela HIDROBR e a Apac. Nesta proposição, buscou-se considerar os objetivos gerais do PERBH-PE, as atribuições institucionais da Apac, entre outros fatores.

Os critérios foram avaliados por meio de notas que varia de 1 a 4, sendo 1 prioridade baixa, 2 para moderada, 3 para alta e 4 para muito alta. Dessa forma, quanto maior a

nota de uma UP em um critério, considera-se que ela é mais prioritária para aquela perspectiva de avaliação.

Quadro 3 – Construção da nota de prioridade de revitalização

Nº	Critérios de prioridade de revitalização	Estrutura de notas por UP	Peso
1	Resultado de criticidade das agendas setoriais	Notas de 1 a 4 por UP	0,15
2	Tendências de desenvolvimento econômico		0,15
3	Relevância hídrica		0,4
4	Degradação das bacias hidrográficas		0,3

Fonte: HIDROBR (2024)

Como resultado, obtiveram-se valores entre 1 e 4, que foram estratificados em três classes de prioridade (Alta, Média e Baixa – conforme preconiza o Termo de Referência). Os critérios adotados para classificação estão dispostos no Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação da prioridade de revitalização de bacias

Classes de notas de priorização	Classes de avaliação de prioridade para revitalização
Nota < 2,60	Prioridade Baixa
$2,60 \leq \text{Nota} < 2,85$	Prioridade Média
Nota $\geq 2,85$	Prioridade Alta

Fonte: HIDROBR (2024)

Segundo esta classificação, as UPs que obtiveram nota superior a 2,85 (UPs de prioridade alta) deverão ser alvo de intervenção do 1º ao 5º ano de implementação do Programa Estadual de Revitalização de Bacias Hidrográficas de Pernambuco (PERBH – PE). Nesta fase, ocorrerão o planejamento e a execução dos projetos-piloto, como será detalhado no RP07 – Portfólio de Projetos.

Já as UPs classificadas como de prioridade média deverão sofrer propostas de intervenções de revitalização do 6º ao 10º ano. O planejamento de intervenção mais detalhado para elas deverá ser desenvolvido no 5º ano de implementação do PERBH – PE.

Por fim, aponta-se que as UPs de menor prioridade deverão ser intervencionadas após o 10º ano.

Ressalta-se que a classificação de prioridade diz respeito ao nível de urgência das intervenções nas UPs em uma visão geral. As UPs classificadas como de prioridade

média ou baixa não são menos importantes, apenas apresentam um panorama geral que demanda esforços menos imediatos para a revitalização. Deve-se considerar ainda que esta metodologia avalia as UPs como um todo, podendo haver áreas dentro das UPs que possuem situação mais crítica ou menos crítica.

2.1.1. CRITÉRIO Nº 1: CRITICIDADE DAS AGENDAS TEMÁTICAS

A avaliação das agendas temáticas do Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas (PNRBH) (MIDR, 2022) foi o objeto central do RP01 – Diagnóstico Ambiental. A metodologia de priorização, adaptada do programa nacional, é constituída por oito agendas temáticas, que por sua vez foram associadas a seis dimensões (vide esquema da Figura 3), buscando refletir a problemática da revitalização de bacias em Pernambuco de forma mais abrangente. As agendas podem ser entendidas como um registro sintético, hierarquizado e diferenciador da condição das UPs em relação a um conjunto de temas de interesse para a revitalização de bacias hidrográficas.



Figura 3 – Dimensões de integração das Agendas Temáticas
Fonte: Adaptado de MIDR (2022)

Cada agenda temática foi avaliada segundo um conjunto de indicadores quantitativos, que tiveram a função de auxiliar na mensuração das criticidades. A lista completa das fontes e dados utilizados para este fim está a disposta no Quadro 5.

Quadro 5 – Indicadores utilizados para a construção das Agendas Temáticas

Agendas temáticas	Subagendas temáticas	Variáveis e fonte da informação
Agenda Rosa	Pressão Populacional	Densidade Total hab/km ² - 2022 (IBGE, 2022)
	Comunidades Tradicionais e Grupos Especiais	Número total de Tis e Comunidades Quilombolas - FUNAI (2020) e Fundação Palmares (S.D.)
	Condição de Vida e Desenvolvimento	Desenvolvimento Municipal (%) - IFDM - 2016 (FIRJAN, 2018)
Agenda Marrom	Abrangência dos Serviços de Saneamento	Atendimento total de água (%) - 2022 (SNIS, 2022); Cobertura total de esgoto (%) - 2022 (SNIS, 2022)
	Cargas Poluidoras de Origem Doméstica	Indicador de esgoto total tratado (%) - 2022 (SNIS, 2022)
	Perdas de água no abastecimento humano	Índice de perdas de água (%) - 2022 (SNIS, 2022)
Agenda Cinza	Demanda de Água	Demanda hídrica total por município (m ³ /s), incluindo os consumos relativos a abastecimento humano, irrigação, dessedentação animal, indústria de transformação, termelétricas e mineração- 2021 (ANA, 2012)
Agenda Laranja	Manejo de Áreas Agropecuárias	Pastagens degradadas (km ²) - 2022 (LAPIG, 2022)
	Concentração de Atividades Produtivas	Área agropecuária total - 2022 (MapBiomass, 2022)
Agenda Verde	Perda de Vegetação Natural	Remanescentes de vegetação nativa (%) - 2022 (MapBiomass, 2022)
	Unidades de Conservação	Representatividade das UCs Proteção Integral (%) - 2020 (MMA, 2020)
	APCB	Representatividade das APCB (%) - 2020 (MMA, 2020)
	APPs	Representatividade das APPs (%) – (HIDROBR, 2024)
Agenda Roxa	Risco de eventos extremos	Suscetibilidade à desertificação - 2020 (SEMAS-PE, 2020)
	Resiliência aos eventos extremos	Média anual de ocorrência de secas por municípios (2003-2015) (seca/município.ano) (ANA, 2016)
		Média anual de ocorrência de cheias por municípios (2003-2015) (seca/município.ano) (ANA, 2016)
Agenda Azul	Segurança Hídrica	Índice de Segurança Hídrica (%) (ANA, 2020)
Agenda Vermelha	Gestão de Recursos Hídricos	Existência de comitê de bacia e planos diretores de recursos hídricos - 2024 (Apac, 2024)

Fonte: Adaptado de MIDR (2022)

A partir desta análise integrada, definiram-se graus de criticidade - Alta (2), Intermediária (1) e Baixa (0) - para cada UP, de acordo com cada uma das agendas

e suas respectivas variáveis de análise. Estes detalhes podem ser avaliados na íntegra no relatório do RP01.

Dessa forma, cada agenda indicou situações que não são necessariamente negativas ou positivas, mas importantes para a gestão da revitalização, a exemplo de pressões de demanda de água, riscos à garantia da segurança hídrica e concentração de atividades econômicas.

Os resultados do RP01 podem ser avaliados na íntegra no próprio relatório do RP01, disponível na página da Apac, bem como nos boletins informativos nº 4, de junho/2024².

Dado o caráter amplo e integral da avaliação da criticidade das UPs para revitalização de bacias, o resultado das agendas setoriais constitui um dos critérios da avaliação das UPs prioritárias para intervenção.

Para aproveitamento dos resultados do RP01 – Diagnóstico Ambiental, no entanto, faz-se necessário normalizar os dados em escala de valores de 1 a 4, conforme realizou-se em todos os demais critérios. Essa avaliação foi feita conforme faixas de valores da nota final de criticidade das agendas, observando o disposto no Quadro 6.

Quadro 6 – Classificação da avaliação consolidada de criticidade das agendas setoriais do RP01 – Diagnóstico Ambiental

Classes de notas consolidadas de criticidade	Classes de avaliação consolidada das criticidades das agendas setoriais	Valoração numérica do subcritério de avaliação consolidada das criticidades das agendas setoriais
Nota < 1,00	Baixa	1
$1,00 \leq \text{Nota} < 1,15$	Moderada	2
$1,15 \leq \text{Nota} < 1,30$	Alta	3
Nota $\geq 1,30$	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

² Link de acesso ao boletim informativo:
https://www.apac.pe.gov.br/images/media/1725547024_Boletim%20Informativo%204%20PERBH%20PE.pdf

2.1.2. CRITÉRIO Nº 2: TENDÊNCIAS DE DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO

O critério de tendências de desenvolvimento socioeconômico tem como objetivo central inserir na avaliação de priorização um olhar para as UPs em que há projeções de maior crescimento econômico e demográfico no futuro. Em função destas características, estas UPs são relevantes para a revitalização de bacias hidrográficas, especialmente na perspectiva da garantia da segurança hídrica frente ao aumento de demandas.

Sobre isso, no RP03 – Diagnóstico Socioeconômico e Tendências de Desenvolvimento, identificaram-se as tendências de desenvolvimento do estado de Pernambuco, considerando sua espacialização. Dentre os destaques deste produto, pode-se apontar a definição das cenarizações para o futuro e as projeções para as principais variáveis econômicas e demográficas do estado.

Conforme a metodologia que pode ser avaliada em detalhes no Boletim Informativo nº 5, de julho/2024³, no RP03 foram definidos 3 cenários: Águas Vermelhas (baixo crescimento); Águas Azuis (cenário de crescimento econômico e demográfico intenso) e Águas Amarelas (cenário base tendencial). A referência principal para a construção deles foram os cenários do Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH 2022-2040, que, diga-se de passagem, são conceitualmente análogos aos cenários do PERH-PE (2022), com diferenças apenas na nomenclatura.

A partir do conjunto de premissas associadas a cada cenário, foi possível traçar projeções para o futuro para as variáveis mais relevantes do estado, identificadas no diagnóstico socioeconômico. Dentre elas, destacam-se as projeções para o crescimento dos setores considerados críticos para a demanda hídrica no estado: a irrigação, a pecuária, a indústria e a demanda associada ao crescimento populacional.

Estas projeções foram feitas utilizando o ano de 2021 como ano-base. Elas vão até o ano de 2050, havendo uma projeção para cada cenário (Águas Vermelhas, Azuis e

³ Link de acesso ao boletim informativo:
https://www.apac.pe.gov.br/images/media/1725547024_Boletim%20Informativo%205%20PERBH%20PE.pdf

Amarelas). Um elemento importante a se considerar é que todas as projeções foram feitas tomando como unidade de análise as UPs.

As tendências de crescimento de cada um destes setores nas UPs constituem o grupo de subcritérios que compõe a nota do critério de tendências de desenvolvimento socioeconômico, conforme Quadro 7. Ressalta-se que a distribuição dos pesos foi construída em conjunto pela HIDROBR e a Apac. Nos itens a seguir, cada um destes subcritérios é conceitualmente explorado.

Quadro 7 – Construção da nota de tendências de desenvolvimento socioeconômico

Nº	Subcritérios de tendências de desenvolvimento	Estrutura de notas por UP	Peso
1	Crescimento projetado das áreas irrigadas por UP	Notas de 1 a 4 por UP	0,3
2	Crescimento projetado do quantitativo pecuário (bovinos, caprinos e ovinos) por UP		0,3
3	Crescimento projeto do número de funcionários da indústria		0,2
4	Crescimento da população		0,2

Fonte: HIDROBR (2024)

2.1.3.1. SUBCRITÉRIO Nº 1: CRESCIMENTO DAS ÁREAS IRRIGADAS

O crescimento das áreas irrigadas representa uma demanda significativa sobre os recursos hídricos, impactando a disponibilidade de água e, conforme mapeado no âmbito do diagnóstico do RP03, é um elemento de pressão com tendência de crescimento no estado.

Dessa forma, é um elemento que reflete a pressão exercida por estas atividades agrícolas sobre os recursos hídricos em uma UP, justificando o seu uso como subcritério.

Para essa avaliação, analisou-se a projeção do crescimento do total de áreas irrigadas, feitas no âmbito do RP03. Para cada UP, procedeu-se com o cálculo do crescimento percentual entre o ano final da projeção (2050) e o ano-base (2021). Adotou-se para análise as projeções do cenário Águas Amarelas.

Finalmente, classificou-se os crescimentos percentuais em classes, conforme o Quadro 8.

Quadro 8 – Classificação do crescimento projetado das áreas de irrigação total e de cana-de-açúcar por unidade de planejamento

Classes de crescimento projetado percentual das áreas irrigadas (%)	Classes de crescimento das áreas de irrigação	Valoração numérica do subcritério de crescimento projetado das áreas de irrigação
Crescimento < 20%	Baixa	1
20% ≤ Crescimento < 50%	Moderada	2
50% ≤ Crescimento < 80%	Alta	3
Crescimento ≥ 80%	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

2.1.3.2. SUBCRITÉRIO Nº 2: CRESCIMENTO PROJETADO DO QUANTITATIVO PECUÁRIO

O quantitativo pecuário representa uma pressão significativa sobre os recursos hídricos, estando associado especialmente à degradação do solo, catalisando processos erosivos e de perda de biodiversidade.

Assim, é um elemento intimamente ligado ao objetivo conceitual do critério de tendências de desenvolvimento, uma vez que UPs com tendência de aumento do efetivo bovino tendem a desenvolver também maiores impactos ambientais associados ao crescimento da atividade.

Para essa avaliação, foram feitas projeções do crescimento do número de bovinos, caprinos e ovinos. Conforme diagnóstico realizado no âmbito do RP03, são estes 3 tipos de animais os mais representativos no estado – sendo a pecuária bovina mais relevante no agreste e os caprinos e ovinos no sertão.

A metodologia de avaliação foi análoga à aplicada no crescimento das áreas irrigadas (vide item 2.1.3.1), com a avaliação do crescimento projetado percentual entre 2021 e 2050 para cada UP no cenário Águas Amarelas. As análises para caprinos e ovinos foram feitas em conjunto, isto é, para esses animais há uma única projeção de crescimento, considerando suas familiaridades. Dessa forma, calculou-se um crescimento percentual para os bovinos e outro para caprinos e ovinos.

Para concessão das notas do subcritério de crescimento projetado do efetivo pecuário, deu-se notas baseadas na média do crescimento relativo destes dois grupos de animais. A opção por esta forma de conceder as notas se deu em razão dos quantitativos de bovinos, caprinos e ovinos não poder ser somados para

construção de uma análise unificada, haja vista a diferença de porte entre os animais. Além disso, esta estratégia consegue contemplar as tendências locais: isto é, tanto UPs com afinidade maior à pecuária bovina quanto caprina e ovina são observadas.

A partir da determinação deste crescimento projetado percentual médio entre os dois tipos de pecuária por UP, concedeu-se as notas conforme intervalos do Quadro 9.

Quadro 9 – Classificação do crescimento projetado do quantitativo pecuário

Classes de crescimento projetado médio das tipologias pecuárias (%)	Classes de crescimento do quantitativo pecuário	Valoração numérica do subcritério de quantitativo pecuário
Crescimento <15%	Baixa	1
15% ≤ Crescimento < 25%	Moderada	2
25% ≤ Crescimento < 35%	Alta	3
Crescimento ≥ 35%	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

2.1.3.3. SUBCRITÉRIO Nº 3: CRESCIMENTO PROJETADO DO NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS DA INDÚSTRIA

Nesta análise, o crescimento do número de funcionários foi utilizado como uma forma de avaliar o crescimento da capacidade produtiva da indústria como um todo, o que, por sua vez, afeta a demanda por recursos naturais, como água e energia. Dessa forma, esse elemento está diretamente ligado ao objetivo conceitual do critério de tendências de desenvolvimento.

Para essa avaliação, foram feitas projeções do crescimento do número de funcionários nos setores da indústria que apresentam maiores coeficientes de demanda hídrica, segundo o Manual de Usos Consuntivos de Água no Brasil (fabricação de produtos alimentícios e bebidas; fabricação de produtos têxteis e afins; fabricação de papel e celulose; fabricação de produtos químicos).

Para cada um destes setores, procedeu-se com a projeção de número de funcionários até o ano de 2050, de forma análoga aos demais subcritérios de tendências de desenvolvimento. O resultado foi construído a partir do crescimento percentual da soma de todos estes setores, conforme intervalos definidos no Quadro 10.

Quadro 10 – Classificação do crescimento projetado do número de funcionários da indústria

Classes de crescimento projetado do número de funcionários da indústria(%)	Classes de crescimento do número de funcionários	Valoração numérica do subcritério de crescimento projetado do número de funcionários da indústria
Crescimento < 10%	Baixa	1
10% ≤ Crescimento < 20%	Moderada	2
20% ≤ Crescimento < 30%	Alta	3
Crescimento ≥ 30%	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

2.1.3.4. SUBCRITÉRIO Nº 4: CRESCIMENTO PROJETADO DA POPULAÇÃO

A utilização do crescimento projetado do número de habitantes como subcritério para a classificação de UPs permite análise mais detalhada e precisa das demandas de água nas regiões. Esse critério é essencial para compreender as tendências de comprometimento da disponibilidade de água para atendimento às necessidades humanas, influenciando diretamente a gestão e o planejamento hídrico das UPs.

Nesse contexto, é importante considerar que o número da população representa demanda significativa sobre os recursos hídricos, impactando a disponibilidade de água para usos agrícolas, pecuários e industriais. Dessa forma, é elemento intimamente ligado ao objetivo conceitual do critério de tendências de desenvolvimento, uma vez que reflete a pressão exercida sobre os recursos e a necessidade de gestão eficiente.

Para essa avaliação, foram utilizadas as projeções da população urbana e rural construídas no âmbito do RP03 até o ano de 2050, para o cenário Águas Amarelas. Para concessão da nota final, foi utilizada a população total (somatório da urbana e rural) de modo a avaliar o crescimento percentual por UP no período.

As notas para este subcritério foram concedidas conforme parâmetros do Quadro 11.

Quadro 11 – Classificação do crescimento projetado da população total

Classes de crescimento projetado (%)	Classes de crescimento projetado da população total	Valoração numérica do subcritério de população total
Crescimento < 3%	Baixa	1

Classes de crescimento projetado (%)	Classes de crescimento projetado da população total	Valoração numérica do subcritério de população total
$3\% \leq \text{Crescimento} < 6\%$	Moderada	2
$6\% \leq \text{Crescimento} < 9\%$	Alta	3
$\text{Crescimento} \geq 9\%$	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

2.1.3. CRITÉRIO Nº 3: RELEVÂNCIA HÍDRICA

A avaliação da relevância hídrica buscou inserir na metodologia de avaliação da priorização das UPs um olhar voltado para a importância hídrica, no sentido do número de nascentes, cursos d'água, dinâmica de águas subterrâneas, entre outros aspectos. O objetivo com isto é priorizar as UPs em que os esforços de revitalização tendem a ter maiores efeitos na garantia de água em quantidade e qualidade.

A nota do critério de relevância hídrica é uma composição das notas de outros três subcritérios, conforme Quadro 12. A seleção destes subcritérios e seus respectivos pesos foi definida em conjunto pela HIDROBR e a Apac.

Quadro 12 – Construção da nota de relevância hídrica das bacias

Nº	Subcritérios de relevância hídrica	Estrutura de notas por UP	Peso
1	Precipitação média mensal por UP	Notas de 1 a 4 por UP	0,25
2	Potencial de percolação hídrica		0,30
3	Relevância hídrica de nascentes (em função de sua densidade e vulnerabilidade)		0,45

Fonte: HIDROBR (2024)

A nota deste critério em cada UP é, portanto, uma soma ponderada entre a nota de 1 a 4 associada a cada subcritério e seu peso. Nos itens a seguir, são apresentados em maiores detalhes cada um deles, bem como as metodologias para valoração do subcritério em notas de 1 a 4.

2.1.4.1. SUBCRITÉRIO Nº 1: PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL POR UP

A utilização da precipitação como subcritério para a classificação de UPs permite análise mais detalhada e precisa das características hídricas das regiões. Esse critério é fundamental para entender a distribuição das chuvas e seus impactos sobre os recursos hídricos, influenciando diretamente a gestão e o planejamento das bacias.

Sobre isso, é importante considerar que a precipitação é o elemento fundamental que, a partir dos processos do ciclo hidrológico, convertem-se em vazão dos cursos d'água, disponibilidade hídrica subterrânea, entre outros. Dessa forma, é um elemento diretamente conectado ao objetivo conceitual do critério de relevância hídrica.

Para essa avaliação, foram utilizados dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão responsável pelo monitoramento, análise e previsão de tempo e clima no Brasil. Foram coletados dados diários de pluviometria, a partir de 22 pontos de monitoramento mantidos pelo INMET. As estações meteorológicas selecionadas apresentaram menos de 1% de falhas durante o período de análise, que se estendeu de 1º de janeiro de 2011 até 17 de julho de 2024.

Para calcular a precipitação média anual das UPs, foi empregado o método de Thiessen, uma técnica permite a interpolação dos dados de precipitação com base na proximidade das estações de monitoramento. A partir desse método, é possível estimar uma precipitação média por UP.

Essa abordagem permite melhor compreensão das variabilidades espaciais da precipitação dentro das UPs, contribuindo para uma classificação mais robusta e fundamentada das UPs.

No Quadro 13, apresenta-se a classificação da precipitação média anual por UP em classes, de modo a conceder as notas do subcritério de precipitação. Pode-se notar que a lógica de notas é que quanto maior a precipitação por UP, maior sua nota.

Quadro 13 – Classificação da precipitação média por UP

Valor da precipitação anual média por UP (mm)	Classes de precipitação anual média por UP	Valoração numérica da precipitação anual média
Precipitação < 500	Baixa	1
500 ≤ Precipitação < 700	Moderada	2
700 ≤ Precipitação < 1.000	Alta	3
Precipitação ≥ 1.000	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

2.1.4.2. SUBCRITÉRIO Nº 2: POTENCIAL DE PERCOLAÇÃO HÍDRICA

Este subcritério tem como objetivo priorizar as ações de revitalização naquelas UPs em que as condições de solo e relevo são mais favoráveis à percolação da água no solo.

A avaliação desse atributo do meio físico compõe as avaliações do RP01 – Diagnóstico Ambiental, relatório já aprovado e disponível para acesso do público no link: <https://bit.ly/47mJTDW>. Nesta seção, faz-se uma retomada breve dos principais aspectos metodológicos.

Para mapeamento do potencial de percolação, utilizou-se a metodologia de planejamento ecológico, desenvolvida por Seraphim e Bezerra (2019). A técnica atribui valores individuais às características do meio físico, que posteriormente resultam em um valor final, calculado por média (aritmética ou ponderada) dos valores individuais.

Inicialmente, atribuíram-se valores aos compartimentos geomorfológicos de Pernambuco, de acordo com o potencial de percolação. Para isso, tomou-se como base a declividade, tendo em vista influência dessas características na taxa máxima de entrada da água no solo e no fluxo vertical e lateral das águas subterrâneas. Os resultados constam no Quadro 14, sendo que 1 representa o menor potencial e 5 o maior potencial para a recarga.

Quadro 14 – Valoração quanto ao potencial de percolação das compartimentações geomorfológicas

Faixas de declividades	Potencial de percolação	Nota atribuída ao potencial de percolação
Declividade > 25%	Muito baixo	1
25% ≥ Declividade > 20%	Baixo	2
20% ≥ Declividade > 12%	Moderado	3
12% ≥ Declividade > 5%	Alto	4
Declividade ≤ 5%	Muito alto	5

Fonte: Adaptado de SERAPHIM, BEZERRA (2019)

Analogamente, atribuíram-se aos tipos de solos valores representativos do potencial de percolação. Para isso, tomou-se como base as características hidrológicas, sobretudo condutividade hidráulica e espessura, tendo em vista a influência desses

fatores na infiltração e na capacidade de armazenamento. Os resultados constam do Quadro 15, sendo que 1 representa o menor e 5 o maior potencial para a percolação.

Destaca-se que, para concessão das notas de potencial de percolação, recorreu-se a mais de uma fonte, de forma a cobrir todas as classes de solo existentes no estado de Pernambuco. Pode-se citar como principais autores consultados Seraphim e Bezerra (2019) e Limoeiro (2020).

Quadro 15 – Valoração do potencial de recarga dos tipos de solo

Classes de solo existentes no estado de Pernambuco	Classe do Potencial de percolação	Nota atribuída ao potencial de percolação
Argissolo Amarelo	Moderado	3
Argissolo Vermelho	Moderado	3
Argissolo Vermelho-Amarelo	Moderado	3
Cambissolo Haplico	Muito baixo	1
Espodossolo Ferrihumiluvico	Baixo	2
Espodossolo Ferrihumiluvico Hidromórfico	Baixo	2
Gleissolo Haplico	Baixo	2
Latosolo Amarelo	Alto	4
Latosolo Vermelho-Amarelo	Alto	4
Luvissolo Cromico	Alto	4
Neossolo Fluvico	Baixo	2
Neossolo Litolico	Muito baixo	1
Neossolo Quartzarenico	Muito alto	5
Neossolo Regolítico	Baixo	2
Nitossolo Vermelho	Moderado	3
Planossolo Haplico	Muito baixo	1
Planossolo Natrico	Muito baixo	1
Solos De Mangue	Muito baixo	1
Vertissolo Haplico	Moderado	3

Fonte: HIDROBR (2024)

Isto posto, construiu-se o mapa de potencial de percolação a partir de uma média simples dessas variáveis (SANTOS; KOIDE, 2016), por meio da equação:

$$POT_{percolação} = (POT_{Solo} + POT_{Declividades}) \div 2 \quad \text{Eq. 1}$$

De posse dessa espacialização, foi possível classificar o potencial de percolação dos do território em cinco grupos, conforme Figura 4.

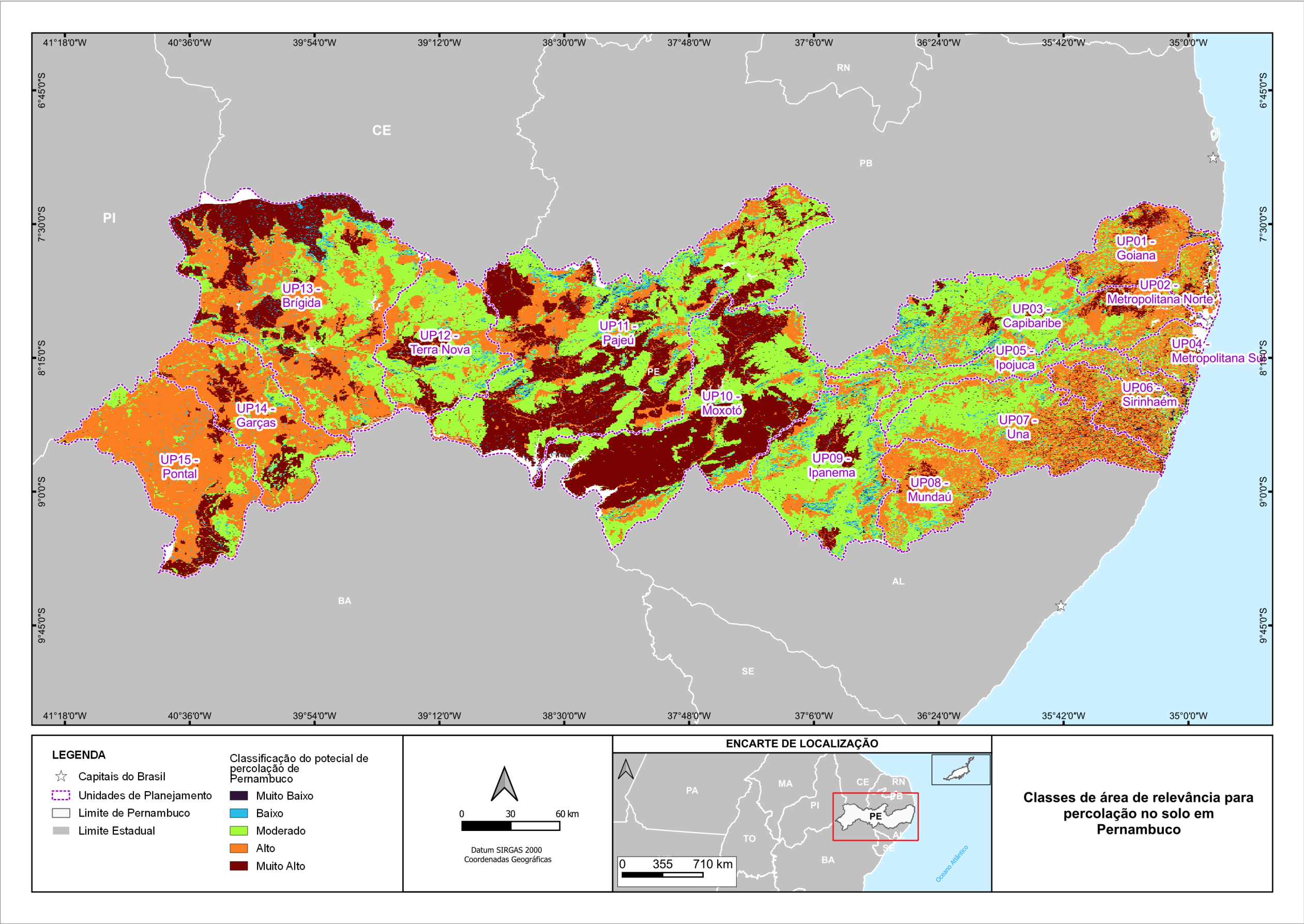


Figura 4 – Classes de áreas de relevância percolação no estado de Pernambuco
Fonte: HIDROBR (2024)

Com base neste resultado, a nota do subcritério do potencial de percolação foi dada com base em uma soma ponderada a partir dos percentuais dos territórios de cada UP inseridos nas classes de potencial de percolação (Figura 4).

Desta forma, o percentual de áreas classificadas como de potencial “Muito Alto” foi multiplicado por 5; o percentual de áreas classificadas como de potencial “Alto” foi multiplicado por 4 e assim sucessivamente. O resultado desta operação é um indicador intermediário que é tão maior quanto mais representativas forem as classes de maior potencial de percolação no território da UP.

As notas de 1 a 4 deste subcritério foram dadas com base neste valor intermediário, seguindo as disposições do Quadro 16. Estes intervalos foram determinados de modo que houvesse uma adequada diferenciação entre as UPs.

Quadro 16 – Classificação do potencial de percolação por UP

Valor do indicador intermediário de percolação	Classes de potencial de percolação por UP	Valoração numérica do potencial de percolação
Potencial < 3,5	Baixa	1
$3,5 \leq \text{Potencial} < 3,8$	Moderada	2
$3,8 \leq \text{Potencial} < 3,9$	Alta	3
Potencial $\geq 3,9$	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

2.1.4.3. SUBCRITÉRIO Nº 3: RELEVÂNCIA HÍDRICA DE NASCENTES

A avaliação da relevância hídrica de nascentes compila dois atributos diferentes: a densidade de nascentes por UP e a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas (avaliada segundo método GOD). A seguir apresenta-se um detalhamento de cada um destes componentes:

➤ Densidade de nascentes

A distribuição espacial de nascentes pelo estado de Pernambuco foi feita a partir da base de dados da hidrografia otocodificada de 2017 da ANA. Vale lembrar que essa base não faz distinção entre nascentes perenes e intermitentes, cabendo ter atenção a esse detalhe ao avaliar os resultados, principalmente em UPs localizadas no semiárido.

A Figura 5 representa a localização das nascentes por toda a extensão territorial de Pernambuco. Para avaliação de sua densidade, adotou-se a UP como unidade de referência territorial. Neste sentido, considerou-se o número de nascentes por UP dividido por sua área territorial (km²), resultando, assim, na densidade de nascentes.

Estes resultados foram hierarquizados conforme as classes dispostas no Quadro 17. Considerando que a densidade de nascentes é avaliada juntamente com a vulnerabilidade dos aquíferos na composição de notas de “Relevância hídrica das nascentes”, concedeu-se notas de 1 a 4, à semelhança dos demais critérios utilizados na avaliação de priorização.

Quadro 17 – Classificação da densidade de nascentes

Densidade de nascentes (nascentes/km ²)	Classes de densidade de nascentes	Valoração numérica da densidade de nascentes
Densidade ≤ 0,0480	Baixa	1
0,0480 < Densidade ≤ 0,0500	Moderada	2
0,0500 < Densidade ≤ 0,0515	Alta	3
Densidade ≤ 0,0515	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

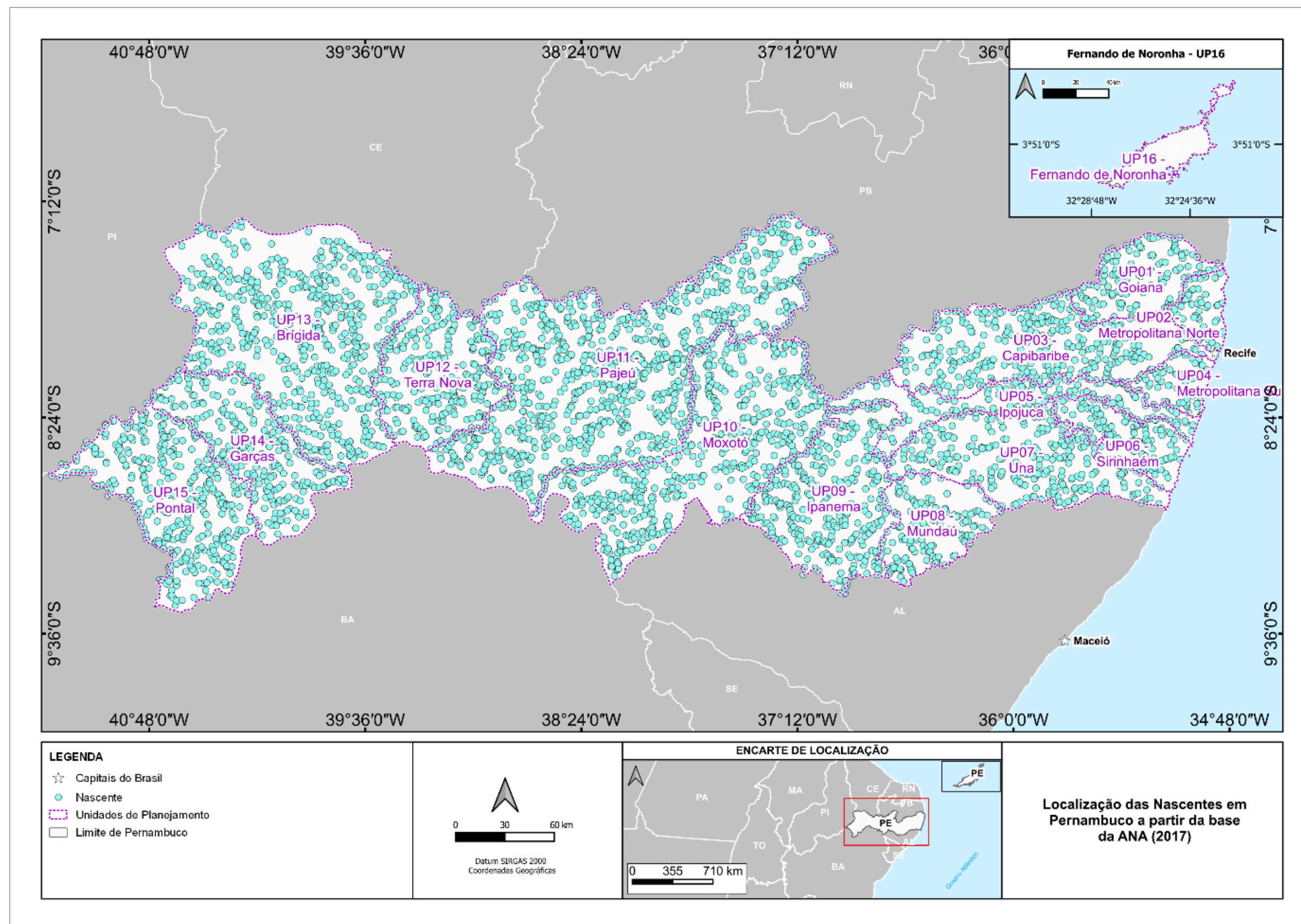


Figura 5 – Distribuição Espacial das Nascentes em Pernambuco de acordo com a base de dados da hidrografia ottocodificada da ANA (2017)
Fonte: HIDROBR (2024)

➤ **Vulnerabilidade de aquíferos**

A vulnerabilidade de um aquífero expressa sua maior ou menor suscetibilidade natural de ser afetado por uma carga contaminante. Essa vulnerabilidade é estimada por diversos métodos, que variam em função da disponibilidade de dados e os objetivos da análise.

Neste contexto, o método GOD, proposto por Foster *et al.* (2006), é o mais simples. Ele foi desenvolvido, originalmente, no ano de 1987, na Inglaterra, para regiões com baixa disponibilidade de dados e informações (FANNAKH e FARSANG, 2022), visto que envolve apenas três parâmetros:

- Grau de confinamento da água subterrânea (G);
- Ocorrência de estratos de cobertura (O); e
- Distância até o aquífero freático (D).

A principal vantagem é que o método GOD pode ser aplicado para qualquer tipo de aquífero, exceto aqueles localizados em regiões cársticas, além de ser mais adequado para análises em largas escalas espaciais (FANNAKH; FARSANG, 2022).

Vale lembrar que esse método considera indicadores intrínsecos dos aquíferos, que não estão associados ao risco ou ao perigo da sua contaminação. Para isso, seria necessário realizar o cruzamento entre vulnerabilidade e cargas e/ou fontes potenciais de contaminação, o que demandaria inventários e estudos específicos.

O método GOD gera um índice de valores compreendidos entre zero e um, com os valores mais altos apontando maior vulnerabilidade. A Figura 6 demonstra a metodologia em questão.

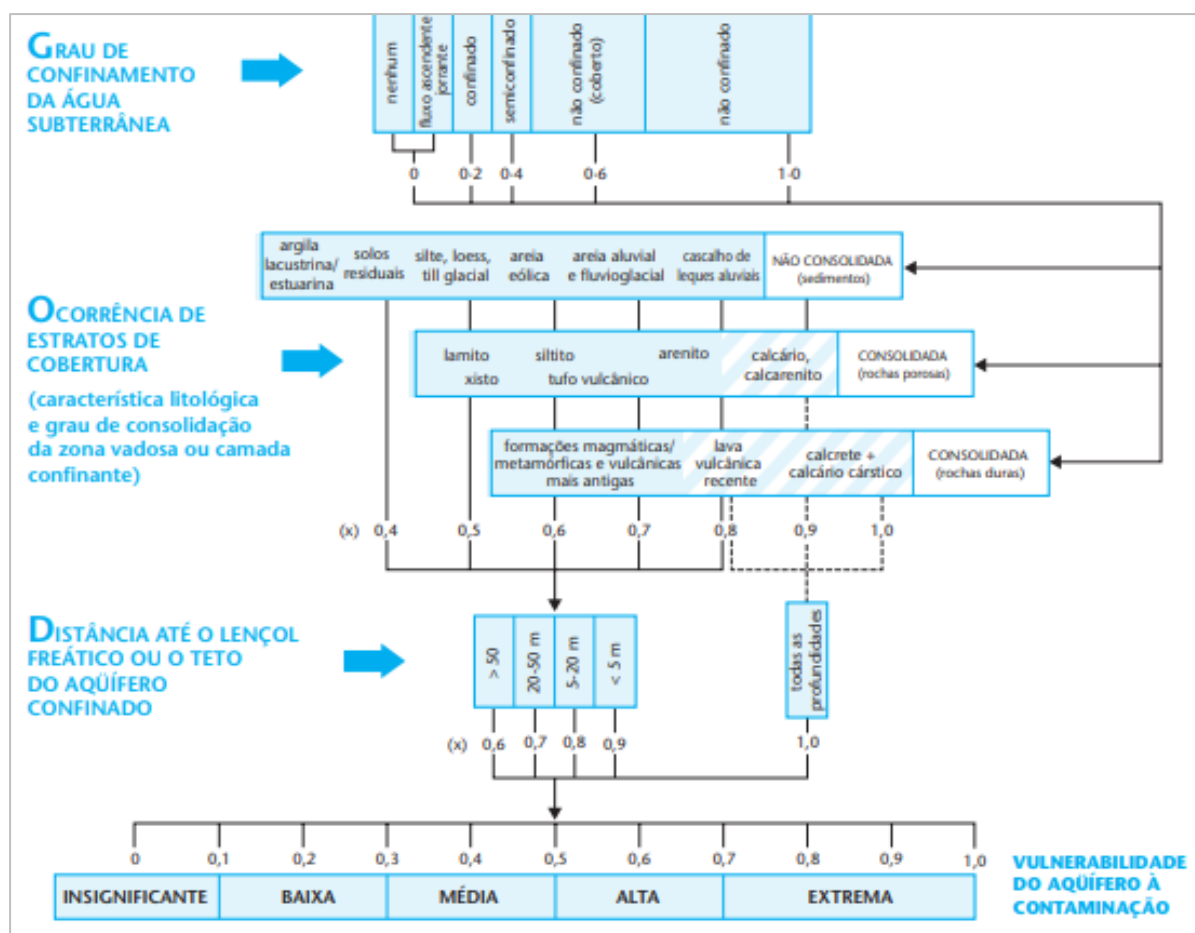


Figura 6 – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação

Fonte: FOSTER et al. (2006)

Em relação às informações coletadas e utilizadas neste trabalho para estimativa da vulnerabilidade pelo método GOD foram:

- Para a componente “G”, foi considerado o nível mais raso/superficial, exatamente pela maior probabilidade de contato e impactos a partir de potenciais fontes de contaminação. Ademais, a base utilizada, proveniente do SIAGAS, não é totalmente padronizada e apresenta uma falta de dados em relação aos graus de confinamento dos aquíferos. Assim, adotou-se “G” = 1, não confinado, para toda extensão estadual;
- Para o componente “O”, referente à geologia, foi feita uma correlação com unidades litológicas do Mapa Geológico do Estado de Pernambuco – CPRM (2023), atribuindo índices de 0,4 a 0,9;
- Para o componente “D”, relacionado à distância ao nível da água, foi feita a correlação com profundidades de nível estático, a partir de dados de poços do sistema do SIAGAS (2024). As profundidades de nível estático dos poços

subterrâneos foram separadas em quatro classes, que foram relacionados a índices que variam de 0,6 a 0,9.

Para sua aplicação em Pernambuco, compilaram-se as informações dos poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Todos os dados dos poços localizados nas bacias do Atlântico Sul-N/NE e do Rio São Francisco foram extraídos do SIAGAS e unificados em um único *dataframe*, totalizando 199.147 poços. Com base nas coordenadas geográficas, os poços foram mapeados, e aqueles localizados dentro da área do estado de Pernambuco foram selecionados.

Após essa avaliação, foram contabilizados, no total, 40.722 poços no estado de Pernambuco, dos quais extraíram-se as informações (coordenadas geográficas, nível estático, atributos geológicos, litologia, grau de confinamento e situação atual de operação do poço) com o objetivo de criar um banco de dados espaciais.

Para fins de análise, foi feito um tratamento dos dados referentes aos poços subterrâneos de acordo com a natureza do ponto. Os poços classificados como “piezômetro”, “poço de monitoramento” e os que estavam com campos vazios por falta de dados foram desconsiderados. Após esse procedimento, foram contabilizados 35.282 poços, quantidade que foi levada em consideração no presente estudo.

Assim, uma planilha obtida a partir do SIAGAS foi utilizada para a consolidação de todos os dados dos poços subterrâneos, e, posteriormente a sua manipulação, ela foi transformada em arquivos geoespaciais para a espacialização da investigação.

Na aplicação do método GOD, foram utilizados os resultados obtidos para cada parâmetro, conforme os Quadro 18 a Quadro 20.

Quadro 18 – Pesos atribuídos para o parâmetro Grau de Confinamento da água subterrânea (G)

Grau de confinamento	Peso G
Aquífero não confinado	1,0

Fonte: HIDROBR (2024)

Quadro 19 – Pesos atribuídos para o parâmetro Ocorrência de estratos de cobertura (O)

Estratos de cobertura	Peso O
Calcários e demais litotipos de composição carbonática (eventualmente associados com litotipos silicáticos)	0,9
Conglomerados, conglomerados arenosos e evaporitos	0,8
Arenitos/arcóseos e tipos associados	0,75
Terrenos aluvionares, depósitos de dunas	0,7
Terrenos flúvio-marinhos/litorâneos	0,65
Granitoides, outras rochas ígneas ou metamórficas e alguns litotipos sedimentares	0,6
Depósito colúvio-eluvionares/tálus, folhelhos, pelitos e outros tipos associados	0,5
Depósitos de mangue	0,4

Fonte: HIDROBR (2024)

Quadro 20 – Pesos atribuídos para o parâmetro Distância até o aquífero freático (D)

Distância	Peso D
Profundidades menores que 5 metros	0,9
Profundidades entre 5 e 20 metros	0,8
Profundidades entre 20 e 50 metros	0,7
Profundidades iguais ou maiores que 50 metros	0,6

Fonte: HIDROBR (2024)

Uma vez que os dados da componente “D” estão dispostos na forma de pontos, para realização da avaliação de vulnerabilidade para todo o estado foi necessário interpolar as regiões não amostradas. Essa etapa foi realizada com auxílio do interpolador IDW (*Inverse Distance Weighted*), do software QGIS. De modo geral, a ferramenta faz o

preenchimento das notas das áreas sem dados, conforme sua proximidade a pontos cuja nota é conhecida.

Por sua vez, os dados da componente “O” - extraído com base no mapa de geologia do estado de Pernambuco, que abrange toda a área de estudo – foi rasterizado, de modo a obter uma camada com as notas associadas a cada feição geológica.

A nota final da avaliação do sistema GOD é o produto entre as componentes “G” (adotada como igual a 1, em todos os casos), “O” e “D”. As notas foram ainda enquadradas nas classes “Insignificante”, “Baixa”, “Média”, “Alta” e “Extrema”, segundo intervalos recomendados por Foster e colaboradores (2006) e devidamente explicitado na Figura 6. O resultado pode ser avaliado na Figura 7.

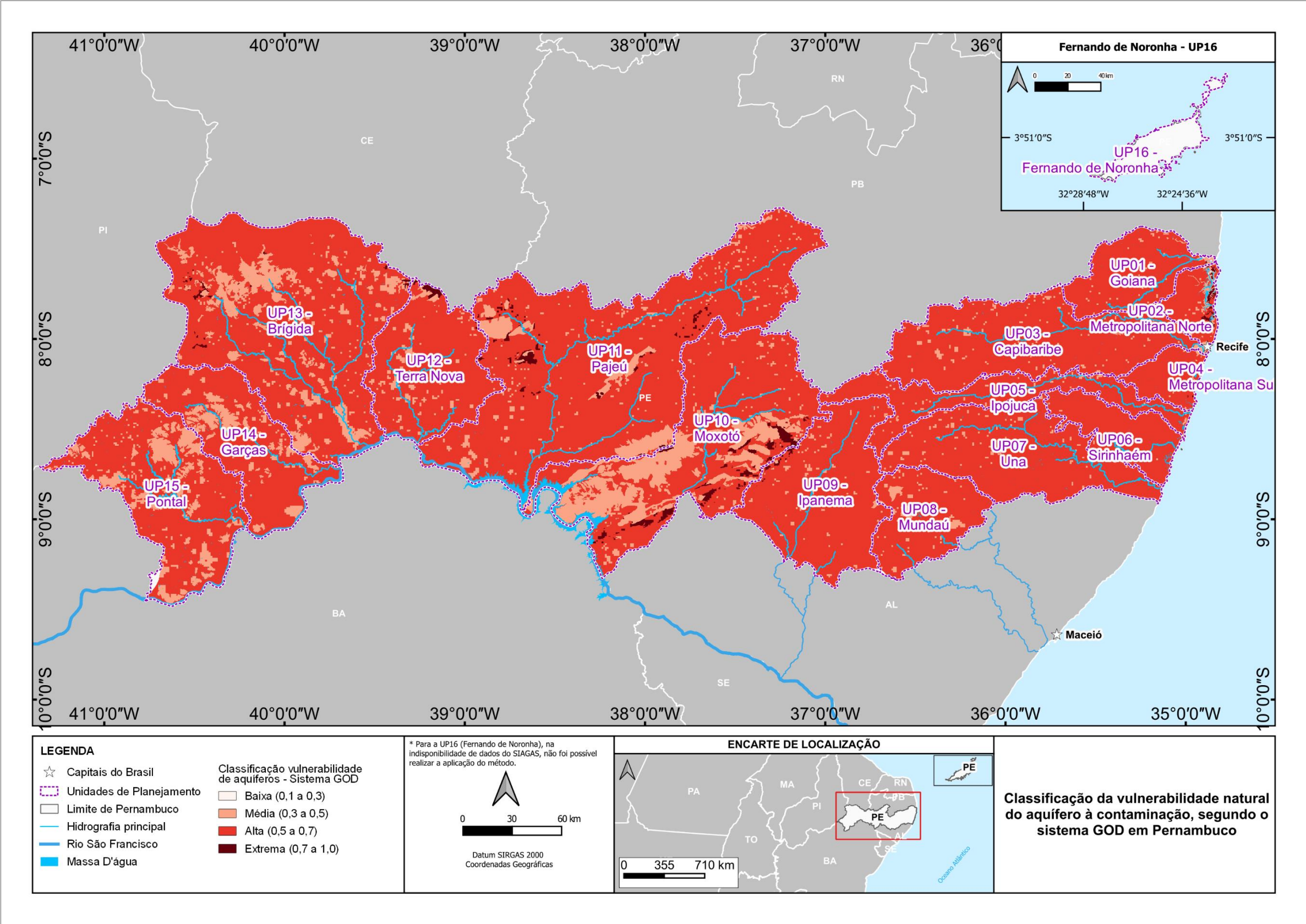
Para valoração da vulnerabilidade de nascentes como parte da avaliação de relevância de nascentes adotou-se metodologia análoga à empregada na determinação do potencial de percolação (vide item 2.1.4.2). Produziu-se um indicador intermediário, composto por uma média ponderada conforme os percentuais de cada classe de vulnerabilidade. A classe “extrema” recebeu nota 5, a “alta”, nota 4 e assim em diante. O resultado é um indicador que, quanto maior, expressa maior vulnerabilidade dos aquíferos. A partir dele, determinou-se as classes de criticidade e, finalmente, a valoração numérica para fins de composição da nota de relevância de nascentes. Os critérios adotados são os dispostos no Quadro 21.

Quadro 21 – Classificação da vulnerabilidade dos aquíferos

Faixas do indicador intermediário	Classes de vulnerabilidade	Valoração numérica
Indicador < 3,850	Baixa	1
$3,850 \leq \text{Indicador} < 3,925$	Moderada	2
$3,925 \leq \text{Indicador} < 3,960$	Alta	3
Indicador $\geq 3,960$	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

Dessa forma, a nota final do subcritério de relevância hídrica de nascentes é calculada a partir de uma média simples entre a nota associada à densidade de nascentes (regida pelo Quadro 17) e de vulnerabilidade dos aquíferos (Quadro 21).



2.1.1. CRITÉRIO Nº 4: DEGRADAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A avaliação da degradação das bacias hidrográficas no âmbito da priorização das UPs tem o objetivo de priorizar aquelas UPs em que há maiores pressões ambientais e, consequentemente, maior ameaça à integridade de seus componentes ambientais.

O principal insumo utilizado para avaliação deste critério foram os levantamentos que compuseram o RP04 – Mapeamento da Degradação das Bacias, relatório que teve como foco o desenvolvimento de uma metodologia e análise completa do panorama da degradação de bacias em Pernambuco. Este relatório teve sua metodologia detalhada no âmbito do Boletim Informativo 5, de julho/2024⁴.

Em síntese geral, os resultados do RP04 foram baseados no cruzamento entre as pressões ambientais identificadas no estado de Pernambuco (tais como a localização de lixões; indústrias de alto potencial poluidor; áreas de alta intensidade de pastagem; entre outros) e os componentes ambientais (solo, águas superficiais, águas subterrâneas e vegetação). Os dados foram tratados a partir de técnicas de geoprocessamento, de modo a cruzar os diferentes planos de informações para chegar nos resultados de degradação.

A partir disso, foram produzidos mapas-síntese que representam as situações de cada um destes componentes. O resultado do RP04, o mapa síntese de degradação de bacias hidrográficas foi formado a partir da sobreposição destes diferentes mapas sínteses, chegando em um resultado único que sintetiza o panorama de degradação ambiental no estado.

A partir do percentual dos territórios das UPs enquadrados em cada classe de degradação, aplicou-se os critérios de concessão de notas dispostos no Quadro 22. Conforme feedback recebido na 2ª Conferência Pública do PERBH-PE (vide item 1.2), as notas passaram ser dadas em função do percentual do território das UPs nas classes

⁴ Link de acesso ao boletim informativo:

https://www.apac.pe.gov.br/images/media/1725547024_Boletim%20Informativo%205%20PERBH%20PE.pdf

de degradação de bacias “Degradada” e “Muito Degradada” – sendo que, quanto maior este percentual, maior a nota.

Quadro 22 – Classes de degradação ambiental das bacias

Somatório dos percentuais das classes “Muito degradada” e “Degradada”	Classes de avaliação de degradação ambiental de bacias	Valoração numérica do critério de degradação ambiental das bacias
Somatório < 30%	Baixa	1
30% ≤ Somatório < 45%	Moderada	2
45% ≤ Somatório < 60%	Alta	3
Somatório ≥ 60%	Muito Alta	4

Fonte: HIDROBR (2024)

3. CONCLUSÃO

O presente documento constitui a síntese da metodologia proposta para o RP06 – Áreas prioritárias e estratégias de revitalização, parte integrante da elaboração do documento base do Programa Estadual de Revitalização de Bacias Hidrográficas.

Nele, as UPs foram classificadas segundo a prioridade de intervenção (alta, média e baixa), de acordo com a metodologia apresentada no Capítulo 2, que considerou:

- A degradação das bacias (considerando os resultados do RP04 – Mapeamento da Degradação das Bacias);
- A relevância hídrica;
- As tendências de desenvolvimento socioeconômico (identificadas no RP03 – Diagnóstico Socioeconômico e Tendências de Desenvolvimento); e
- A criticidade das agendas temáticas (conforme apresentado no RP01 – Diagnóstico Ambiental).

A metodologia, construída em conjunto pela HIDROBR e a Apac tem como objetivo representar de forma fidedigna os principais elementos a serem considerados na priorização das UPs para revitalização, agregando informações, projeções e dados construídos ou compilados em todos os relatórios anteriores que compõem os estudos para o Documento-Base do PERBH-PE.

REFERÊNCIAS

- BORGES, B. M.; ATHAYDE, G. B.; REGINATO, P. A. R. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná – Brasil**. Águas Subterrâneas, v.31, n.4, p.327-337, 2017.
- BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 1997. Disponível em: <https://bit.ly/3tP36Pk>. Acesso em 16 jul. 2024.
- FANNAKH, A., FARSANG, A. **DRASTIC, GOD, and SI approaches for assessing groundwater vulnerability to pollution: a review**. Environ Sci Eur 34, 77, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00646-8>.
- FARJAD, B. *et al.* **Groundwater intrinsic vulnerability and risk mapping**. Proceedings of the ICE - Water Management. 165. 441-450. 2012. 10.1680/wama.10.00018.
- FOSTER, S. *et al.* **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. São Paulo: SERVIMAR, 2006.
- LIMOEIRO, Alessandra dos Santos. Delimitação de Áreas Potenciais para Recarga Hídrica Subterrânea: Estudo de Caso nas Sub-bacias do Rio das Pedras e do Rio Paiaíá, Bahia. 2020. 59 f. TCC (Graduação) – Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/47oxLCm>. Acesso em: 26 mar. 2024.
- PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do aquífero do Reservatório Batatã – São Luís (MA)**. Tese (Programa de Pós-graduação em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- SANTOS, R. M. dos; KOIDE, S. (2016). Avaliação da Recarga de Águas Subterrâneas em Ambiente de Cerrado com Base em Modelagem Numérica do Fluxo em Meio Poroso Saturado. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, n. 2, p. 451–465.
- SERAPHIM, A. P. A.; BEZERRA M. C. L. Identificação de áreas de recarga de aquíferos e suas interfaces com áreas propícias à urbanização. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo – Paranoá 23. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3AYkTGV>. Acesso em: 6 mar. 2024.

REALIZAÇÃO:



Secretaria
de Recursos Hídricos e
Saneamento



GOVERNO DE
**PER
NAM
BUCA**
ESTADO DE MUDANÇA

APOIO:

MINISTÉRIO DA
INTEGRAÇÃO E DO
DESENVOLVIMENTO
REGIONAL



EXECUÇÃO:

