



# Indicador de qualidade de uso de água em cisternas no semi-árido brasileiro (IUA-CD)

## Relatório Técnico Final

Petrolina-PE  
Setembro/2008

## Indicador de qualidade de uso de água em cisternas no semi-árido brasileiro (IUA-CD)

### Equipe Técnica:

ADERALDO DE SOUZA SILVA

Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, Doutor, Embrapa Semi-Árido, Petrolina – PE, Fone: (0xx87) 3862.2554,

[aderaldo@cpatsa.embrapa.br](mailto:aderaldo@cpatsa.embrapa.br).

[aderaldo@uol.com.br](mailto:aderaldo@uol.com.br)

BEATRIZ SUZANA OVRUSKI DE CEBALLOS

Bióquímica, Doutora, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

CÉLIA MARIA MAGANHOTTO DE SOUZA SILVA

Bióloga, Doutora, Embrapa Meio-Ambiente, Jaguariúna - SP, Fone: (0xx19) 3311.2663,

[celia@cnpma.embrapa.br](mailto:celia@cnpma.embrapa.br).

ELISABETH FRANCISCONI FAY

Farmacêutica-bioquímica, M.Sc., Embrapa Meio-Ambiente, Jaguariúna - SP, Fone: (0xx19)

3311.2637, [bethfay@cnpma.embrapa.br](mailto:bethfay@cnpma.embrapa.br)

LUIZA TEIXEIRA DE LIMA BRITO

Eng<sup>o</sup>. Agrícola, Doutora, Embrapa Semi-Árido, Petrolina – PE, Fone: (0xx87) 3862.1711,

[luizatlb@cpatsa.embrapa.br](mailto:luizatlb@cpatsa.embrapa.br).

JUSSARA SOARES AMORIM

Graduação em Secretariado Executivo; Gestora de Projetos, Petrolina – PE, Fone: (0xx87)

3862.2554,

[jussara@cpatsa.embrapa.br](mailto:jussara@cpatsa.embrapa.br).

PAULO PEREIRA DA SILVA FILHO

Especialização em Gestão Ambiental; Técnico em Geoprocessamento, Embrapa Semi-Árido,

Petrolina\_PE, Fone: (0xx87) 3862.2554,

[ppsfilho@cpatsa.embrapa.br](mailto:ppsfilho@cpatsa.embrapa.br).

## **Apresentação**

A Embrapa Semi-Árido como co-executora do Projeto “*Melhoramentos tecnológicos e educação ambiental para a sustentabilidade dos projetos de armazenamento de águas de chuvas em cisternas no NE Semi-Árido*”, sob a Coordenação da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG divulga com este livro, a experiência pioneira em âmbito regional sobre, a construção de indicadores de uso de água de beber, proveniente de cisternas domiciliares.

O estudo foi realizado em municípios pertencentes ao sertão e Cariri do Estado da Paraíba e Agreste Pernambucano, no período de junho de 2007 a junho de 2008, com a finalidade de se estimar a sustentabilidade do sistema cisterna, considerando a captação de água de chuva, armazenamento, coleta e desinfecção, utilizando indicadores específicos.

Atualmente, a maioria da população dispersa do semi-árido é abastecida por água proveniente de fontes tradicionais de uso múltiplo, sem controle de qualidade e com conseqüências danosas a sua saúde. Essa forma de obtenção de água também interfere nas atividades produtivas da região e em seu acesso à escola.

A proposta metodológica sugerida neste livro como contribuição ao Projeto Cisternas da ATECEL-FINEP-UFCG, em parceria com a Embrapa Semi-Árido, não exclui a necessidade de se continuar na geração e adaptação de tecnologias apropriadas à convivência do homem com o semi-árido, mas tem como objetivo primordial, colaborar na geração de indicadores que facilitem o entendimento da gestão das águas de uso doméstico, priorizando a água de beber.

Observa-se neste contexto, que a construção do “*Indicador de qualidade de uso de água em cisternas no semi-árido brasileiro (IUA-CD)*”, desenvolvido pela Embrapa Semi-Árido procurou seguir os ditames da pesquisa mundial, cuja consecução esteve associada a Banco de Dados georreferenciado, em ambiente de Sistema Geográfico de Informação (SIG), que reflete o *status* do sistema ambiental, isto é, a qualidade da água inserida em sua respectiva Unidade Geoambiental, segundo o Zoneamento Agroecológico do Nordeste, podendo, se informatizado, ser atualizado e acessado *on line*, por meio da rede mundial de computadores.

**Natoniel Franklin de Melo**

Chefe Geral da Embrapa Semi-Árido

## Sumário

<b>Capítulo 1 - A água no Semi-Árido</b>	5
Antecedentes	7
Qualidade da água às populações rurais dispersas	7
Fatos mobilizadores	8
<b>CAPÍTULO 2 - Análises físicas, químicas e microbiológicas e qualidade da água</b>	9
Parâmetros físicos	11
Parâmetros químicos	16
Parâmetros biológicos	18
<b>Capítulo 3 - Indicadores de sustentabilidade</b>	20
<b>Capítulo 4 - Estudo de caso: Projeto ATECEL-FINEP-UFCG</b>	27
Localização da área de estudo	28
Análise Estatística	29
Análise Fatorial	30
Análise de Agrupamentos	31
<b>Capítulo 5 - Índice de Qualidade de Uso da Água de Beber em Cisternas Domiciliares (IUA-CD)</b>	42
Sugestão para enquadramento das águas das cisternas domiciliares	58
<b>Capítulo 6 - Considerações finais</b>	60
Referências	63
<b>ANEXO</b>	68
Amostra de água na Paraíba	69
Amostras de água em Pernambuco	72
Indicadores de qualidade de água em diversos países	75

**Capítulo 1**

**A água no Semi-Árido  
brasileiro**

Aderaldo de Souza Silva

Luiza Teixeira de Lima Brito

O ambiente semi-árido do Nordeste brasileiro é diversificado nos seus recursos naturais e complexo na convivência do homem com o seu clima seco e quente. Estudos realizados pela Embrapa Semi-Árido, na década de 70, demonstraram que as prioridades das famílias sertanejas dispersas nesta região, é a garantia de água para beber, água para dessedentação dos animais domésticos e, finalmente, para produção de alimentos. Daí a proposta P1+2, da Sociedade Civil organizada por meio da Articulação do Semi-Árido (ASA), a qual congrega mais de mil ONGs. Neste Programa a unidade “1” significa a necessidade de terra para quem ainda não tem, e o “2” se manifesta como duas fontes de água, sendo uma para atender as necessidade de água para consumo humano e a outra para produção de alimentos.

O acervo tecnológico hoje existente de convivência com a adversidade agroecológica do semi-árido brasileiro é uma realidade, especialmente face ao êxito dos programas sociais dos governos federal, estaduais e municipais, a partir do Programa cisternas do Ministério de Desenvolvimento Social, em parceria com a “Articulação do Semi-Árido - ASA”, Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Agronegócio Brasileiro – FAGRO, Embrapa Semi-Árido; Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO.

Na atualidade, dada a massificação de algumas tecnologias socioambientais, à semelhança das cisternas domiciliares, como uma das principais alternativas de captação e armazenamento de águas pluviais para consumo humano direto, vê-se como necessário o desenvolvimento de indicadores de qualidade de uso destas águas armazenadas, em forma simplificada e segura, que possibilite o real acompanhamento de sua potabilidade.

Os problemas de degradação ambiental aumentaram durante a última metade do século XX, mas hoje há um entendimento mais claro sobre a interação do homem e de sua dependência dos sistemas naturais físicos, químicos e biológicos. Há o conhecimento das conseqüências da modificação desses sistemas. A atual extensão dos impactos antropogênicos, combinada com o aumento de sua intensidade, têm colocado em perigo a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambiental e sócio-econômicos (Lubchenco, 1998; WAS, 2000).

Os estudos ambientais envolvem áreas de conhecimento, tais como: geografia, limnologia, hidrogeologia, geoquímica, ciência da informação, biologia, matemática, economia, gestão ambiental, sociologia, antropologia, agronomia, engenharia, cartografia, ecologia, etc., conforme a complexidade dos estudos a serem realizados.

Na prática, as equipes de trabalho, nem sempre dispõem de especialistas para realização de estudos específicos e, por este motivo, sugere-se que seja dado ênfase à construção de indicadores de qualidade ambiental, o que possibilita um melhor entendimento das reais demandas das famílias em seu próprio território (Unidade Geoambiental), bem como, possibilitem a avaliação de tecnologias socioambientais, a exemplo da qualidade das águas, disponibilizadas pelas cisternas domiciliares, imprescindíveis à socialização do fornecimento de água potável no tempo e espaço, para as populações dispersas do semi-árido brasileiro.

A proposta metodológica sugerida neste documento como contribuição ao Projeto Cisternas da Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior – ATECEL, Financiadora de estudos e projetos – FINEP, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em parceria com a Embrapa Semi-Árido, não exclui a necessidade de se continuar na geração e adaptação de tecnologias apropriadas à convivência do homem com o semi-árido, mas tem como objetivo primordial, colaborar na geração de indicadores que facilitem o entendimento da gestão das águas de uso doméstico, priorizando a água de beber.

## Antecedentes

Em termos de quantidade e de qualidade, a água tem se tornado um motivador de discussões políticas, científicas e acadêmicas, e o uso inadequado dos recursos hídricos na região do Semi-Árido brasileiro, pressupõe uma crescente e séria ameaça à saúde e ao bem estar da população das cidades circunvizinhas às barragens, açudes e rios e à produção segura de alimentos.

O desenvolvimento agro-industrial, a agricultura irrigada e as Unidades Geoambientais, que dependem de suprimentos de água de qualidade, também, se encontram comprometidos, resultando na aceleração das desigualdades socioeconômicas e ecológicas, evidenciando-se já alguns processos de degradação dos recursos naturais, como desertificação, acúmulos de resíduos originados dessas atividades, contaminação por metais pesados, óleos, agrotóxicos, detergentes, objetos sólidos e processos afins, atividades microbianas, fertilizantes químicos e insumos. Destaca-se que estas categorias de contaminação causam efeitos negativos aos recursos naturais, à saúde humana, impedimentos para a exploração da agricultura irrigada e para a agroindústria (EMBRAPA-CNPMA, 1999b).

Por outro lado, em relação às questões de gestão da água no âmbito doméstico do semi-árido brasileiro, pouco ainda foi estudado. É imprescindível o entendimento e a descrição das situações dos corpos de água, tanto superficiais quanto subterrâneos, que abastecem as populações, durante o período seco que dura entre três a nove meses. Também, deve ser destacadas as cisternas rurais do programa do governo federal do Ministério de Desenvolvimento Social - MDS, em parceria com a Articulação do Semi-Árido - ASA (MDS/P1MC-ASA), em função da abrangência regional deste programa, atualmente atendendo com água para beber, mais de um milhão de pessoas, distribuídas em dez estados da região Nordeste do Brasil.

## Qualidade da água às populações rurais dispersas

A água, como o demais recursos naturais da biosfera, é escassa e seu uso racional inclui a preservação da sua qualidade. A degradação desse recurso por problemas de poluição vem agravando as dificuldades para o seu aproveitamento e intensificando a sua escassez (Porto *et al*, 1991). Praticamente ainda não existem estudos sobre a qualidade da água para uso doméstico em âmbito domiciliar, no semi-árido brasileiro. Por este motivo foi proposta uma metodologia para a gestão da captação e armazenamento de água pluviais, por meio de indicadores de qualidade de uso.

A estratégia para o uso sustentável da água consiste no acompanhamento periódico das águas de uso doméstico, principalmente a de beber, proveniente das cisternas domiciliares. Os indicadores de qualidade de água, fáceis de serem obtidos e mensurados possibilitam, com um certo grau de segurança, obter em um determinado momento, a qualidade física, química e microbiológica das águas que as famílias rurais estão consumindo (Figura 1.1).



Figura 1.1

## Fatos mobilizadores

- A água é vista como a *commodity* do século, insumo finito, intimamente relacionado com a qualidade de vida das populações. No caso específico das famílias rurais dispersas no semi-árido brasileiro a escassez é questão de segurança alimentar. A escassez pode se agravar, drasticamente, em função das possíveis mudanças climáticas e o processo de desertificação.
- Ano após ano, vastas regiões do mundo são submetidas a regimes pluviométricos ínfimos e o Nordeste brasileiro é um exemplo típico deste fenômeno.
- De maneira geral o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil precisa de soluções eficazes que adéqüem a disponibilidade de água às suas demandas. Este fato é potencializado no semi-árido devido a existência de milhões de famílias, dependentes das precipitações pluviométricas irregulares anuais, no tempo e espaço (Figura 1.2).
- A degradação dos recursos florestais têm levado ao inexorável processo de perda da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.



Figura 1.2



**CAPÍTULO 2**

**Análises físicas, químicas  
e microbiológicas  
e qualidade da água**

Elizabeth Francisconi Fay

Célia Maria Maganhotto de Souza Silva

Luiza Teixeira de Lima Brito

Aderaldo de Souza Silva

As águas representam sistemas complexos nos quais podem ser refletidos diversos efeitos isolados e, muitas vezes, os efeitos de ações antagônicas têm maior importância do que a grandeza absoluta de uma substância isolada. Também segundo alguns estudiosos, a dissolução de substâncias, possível em determinadas condições, não deve ser menosprezada.

Este capítulo contém instruções e sugestões de como interpretar as análises físicas, químicas e microbiológicas de amostras de água, considerando a sua adequabilidade para usos múltiplos, com ênfase no uso doméstico, bem como, utilizá-las na construção do Indicador de Qualidade do Uso da Água em Cisternas Domiciliares no Semi-Árido brasileiro (IQA-CSA).

Para a gestão da água no âmbito doméstico é imprescindível o entendimento e a descrição da situação dos corpos de água, tanto superficiais quanto subterrâneos, bem como das cisternas rurais implantadas no semi-árido. Nos *Laudos de Análise de Potabilidade* verifica-se o uso de vários parâmetros que podem ser medidos e registrados.



Figura 2.1

Além disso, é fundamental, também, o conhecimento dos processos utilizados na coleta das amostras de água e da situação socioeconômica em que vive a família avaliada, no caso das cisternas.

Outras situações que merecem atenção e são importantes para a avaliação real da qualidade da água armazenada na cisterna são:

- se a cisterna já recebeu água e se foi realizada a eliminação das primeiras águas de chuva;
- se houve modificação sazonal da temperatura;
- se houveram abastecimentos freqüentes por caminhões pipa, sem controle da qualidade da água de origem;
- o estado de acabamento da cisterna;
- se houve armazenamento sem a aeração adequada;
- se há acúmulo de sedimentos no fundo da cisterna devido a falta de lavagem e desinfecção.

O conhecimento do efeito das substâncias lançadas à água é de grande importância nos casos de poluição e em situações de acidentes provocados pela entrada de sujeiras na cisterna, provenientes da área de captação (telhado) (Figura 2.2). Em tais casos devem ser tomadas decisões rápidas por parte de não especialistas. Por exemplo, em casos de acidentes com produtos químicos, antes de seu consumo, a água deverá ser amostrada e

imediatamente enviada ao laboratório especializado. Se possível deverão ser anexadas as características químicas do produto poluente.



Figura 2.2

É importante destacar que a água doce, utilizada diretamente pela família usuária da água armazenada na cisterna, é retirada do reservatório (cisterna) e armazenada em outro recipiente (filtro, pote ou jarra), onde recebe, em sua maioria, tratamento (cloração ou fervura). Isso permite a melhoria significativa da qualidade da água, quando comparada àquela retirada da cisterna.

Informações sobre aplicações dos equipamentos e também sobre o laboratório utilizado, podem ser obtidos nas referências citadas no final do artigo.

## Parâmetros físicos

**Temperatura:** a temperatura de um corpo de água reflete a estação do ano e a latitude e altitude do local em que este corpo está inserido. Este parâmetro pode flutuar tanto com o dia quanto com a estação do ano, além disso, pode ser influenciado pela altitude e pela vegetação. É um fator importante para a vida aquática, pois controla o metabolismo e a atividade reprodutiva dos organismos.

Também é importante devido a sua influência na composição química da água. As taxas das reações químicas geralmente aumentam às altas temperaturas, o que por sua vez afeta a atividade biológica. Um exemplo importante é o efeito deste parâmetro sobre o oxigênio. A água morna retém menos oxigênio do que a água fria, assim apesar dela estar saturada com esta molécula pode ainda não conter o suficiente para a sobrevivência das espécies. A concentração de oxigênio dissolvido pode influenciar a atividade bacteriana e os compostos tóxicos na água. Por este motivo, a água das cisternas devem ser mantidas frias, com aeração adequada.

Como a temperatura da água é um parâmetro que influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos, torna-se necessário seu entendimento para a compreensão dos outros parâmetros de qualidade de água.

A temperatura da água não é modificada, diretamente pelas atividades humanas, mas a poluição térmica (isto é, altas temperaturas artificiais) resulta, geralmente, da descarga dos efluentes municipais e industriais. Por exemplo, em áreas urbanas, pequenos corpos de água

podem ser aquecidos pelo fluxo de água proveniente do asfalto quente ou do pavimento de concreto.

O método usual de amostragem para temperatura da água consiste na tomada da medida de temperatura em um ponto do corpo de água, ao mesmo tempo em que são coletadas amostras para análises laboratoriais. É importante obter estas medidas junto com as medidas de oxigênio dissolvido (OD) e de pH. Elas são fáceis de obter por meio dos sensores acoplados à sonda multiparâmetros de medição de qualidade da água. Após a sonda estar submersa, há o registro da temperatura da água antes da medida de DO.

O problema com a leitura considerando um ponto, deve-se as modificações diurnas (variação dentro de 24 horas) e de profundidade na temperatura. O avanço tecnológico das sondas permite um monitoramento em vários pontos e profundidades, sem custos adicionais.

A temperatura pode ser medida em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) ou Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) e seus limites nos suprimentos municipais devem variar entre 7 a 10  $^{\circ}\text{C}$ , porém muitos municípios utilizam águas com temperaturas fora desta escala.

**pH:** O termo pH (potencial hidrogeniônico) define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, sendo a expressão da concentração de íons hidrogênio em uma solução. (o pH é uma medida da acidez ou alcalinidade da água). É precipuamente função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água. Portanto, é influenciado pelas substâncias nela dissolvidas. Por exemplo, as águas naturais e as águas tratadas podem conter várias substâncias alcalinas dissolvidas como carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos e, em menor quantidade, boratos, fosfatos e silicatos.

Este parâmetro influencia as reações químicas pela determinação da solubilidade dos compostos químicos e, também pela presença de outras substâncias em solução. Por exemplo, a toxicidade dos metais pesados depende de sua solubilidade e, por serem mais solúveis em pH baixo, tendem a ser mais tóxicos quando estão sob esta condição.

A água pura contém hidrogênio e íons hidroxila de forma balanceada, tendo assim um pH 7,0, portanto, neutro. Em alguns lugares, os compostos químicos que estão no ar, provenientes de processos industriais, (e os que) poderão estar dissolvidos nas gotas de chuva e podem deslocar o pH da água para ligeiramente ácido. Da mesma forma, os ácidos orgânicos provenientes da decomposição de vegetais, também a podem acidificar. Assim, as águas provenientes das encostas protegidas tendem a ter pH na faixa entre 6,0 e 7,5. Uma vez que o pH é escala logarítmica, cada unidade representa uma modificação de 10 vezes na concentração de íons hidroxila ou hidrogênio.

A faixa de pH apropriada para a vida em ambientes de água doce está entre 5,0 e 9,0. Contudo, raramente os valores são encontrados fora da faixa de 6,0 a 8,0. Nesta faixa as águas podem ser utilizadas para irrigação ou para beber. Valores abaixo de 6,0 sugerem a entrada de substâncias ácidas. Valores acima de 8,0 significam mistura com água salgada ou taxas mais altas de bicarbonatos, carbonatos ou hidróxidos. As origens naturais da alcalinidade são a dissolução de rochas e as reações do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), resultantes da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica na água.

Quando a poluição resulta em maior quantidade de algas e crescimento de plantas (ex. do aumento de temperatura e excesso de nutrientes), pode aumentar o pH. Estas pequenas modificações podem influenciar a disponibilidade e solubilidade dos compostos químicos e agravar o problema de nutrientes. Por exemplo, a modificação no pH pode aumentar a

solubilidade de fósforo tornando-o mais disponível para o crescimento vegetal e, em longo prazo, resultar em maior demanda de oxigênio dissolvido.

O pH da água pode ser medido com um pHmetro, que é um dispositivo eletrônico com sensor. Esse contém solução aquosa ácida, dentro de uma membrana de vidro, que permite a migração de íons H<sup>+</sup>. O potencial elétrico do eletrodo de vidro depende da diferença de [H<sup>+</sup>] entre a solução referência e a solução na qual o eletrodo é mergulhado. O pH também pode ser medido com papel indicador ou pela adição de reagente (solução indicadora) à amostra de água, registrando a mudança de cor.

**Oxigênio dissolvido (DO):** esse parâmetro é considerado um indicador básico da saúde do ecossistema e sua análise mede a quantidade de oxigênio (O<sub>2</sub>) dissolvido em uma solução aquosa, cuja concentração varia com a temperatura, salinidade, atividade biológica e a taxa de transferência de O<sub>2</sub> da atmosfera. O estado de equilíbrio constitui a saturação, dependente de pressão e temperatura. Devido às interferências naturais e antropogênicas, as concentrações de oxigênio diferem deste equilíbrio.

Há um limite para a concentração de oxigênio na água, cuja quantidade é denominada valor de solubilidade do oxigênio ou saturação. O nível de saturação é a concentração máxima de oxigênio dissolvido que poderia estar presente na água em uma determinada temperatura. Este valor não é fixo, mas depende da pressão de oxigênio do ar, temperatura da água e da presença de sais dissolvidos. A solubilidade é maior em águas doces do que em águas salgadas e é maior em água fria do que em morna. Sob essas circunstâncias, a concentração de oxigênio pode exceder o valor de saturação e a água fica então supersaturada.

O adequado DO é necessário para uma boa qualidade de água. Os processos de purificação de um fluxo de água requerem níveis adequados de oxigênio para fornecer formas de vida aeróbica. Quando os níveis de oxigênio na água caem abaixo de 5 mg L<sup>-1</sup> de água, a vida aquática fica sob estresse, e é letal para muitos organismos em níveis menores do que 3 mg L<sup>-1</sup>. Também as concentrações muito baixas de DO podem como resultado, mobilizar concentrações ínfimas (traços) de metais.

O DO pode ser medido com eletrodo acoplado a um equipamento ou com kit para teste em campo. O eletrodo mede a pressão parcial do oxigênio na água, a qual é convertida para a concentração do peso da massa do oxigênio. Os kits de campo envolvem a adição de uma solução de força iônica conhecida, para o tratamento da amostra de água. A quantidade de solução necessária para modificar a cor, reflete a concentração de DO na amostra.

**Turbidez:** é o parâmetro de qualidade de água que se refere à transparência da mesma. Ele é importante porque mede a concentração de sólidos suspensos na água (são os mais comuns: argila, silte e areia do solo, fitoplâncton e outros microrganismos microscópicos, restos vegetais, resíduos industriais e lodo de esgoto). Nos Estados Unidos, a sedimentação excessiva (38%) dos corpos de água é a maior causa de poluição das águas superficiais; seguida por patógenos (36%) e nutrientes (28%).

O aumento da turbidez pode aumentar a temperatura da água porque as partículas suspensas absorvem mais calor solar do que a água pura. Além disso, este aumento limitará a quantidade de luz que entra no corpo de água e pode, portanto, limitar a fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de oxigênio. À turbidez adiciona-se o efeito da urbanização como o aquecimento dos calçamentos e a remoção da vegetação.

Os sólidos suspensos também fornecem superfícies de adsorção e rotas de transmissão de muitos contaminantes orgânicos, metais pesados e alguns nutrientes. Muitos dos compostos

industriais tóxicos como as dioxinas, furanos, PCB's (bifenilas policloradas), PAH's (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), muitos pesticidas e metais pesados como cadmium, chumbo, zinco e cromo são moléculas que aderem às pequeníssimas partículas orgânicas e argilas.

As partículas podem fornecer uma rota de acumulação dentro da cadeia alimentar, via ingestão, mas elas podem também se ligar aos poluentes. Em corpos de água profundos isto pode ser essencialmente permanente, mas em fluxos temporários ele parece ser temporário.

Os sedimentos também podem ser uma fonte de nutrientes como fósforo, nitrogênio (em sua forma amônia) e ferro. O excesso de nutrientes pode estimular o crescimento de algas e outros vegetais, ocasionando problemas na qualidade da água.

A turbidez é levada em consideração em suprimentos de água, principalmente, por razões assépticas. Além disso, considere-se o custo real para o tratamento de águas para consumo humano, uma vez que a turbidez precisa virtualmente ser eliminada para uma desinfecção efetiva. A adição de cloro em suas várias formas é o processo mais usado, mas a fonte de água precisa ser clareada pela filtração antes da cloração. Isso é porque muitos microrganismos patogênicos se aderem às partículas e, como resultado, ficam menos expostos ao processo de desinfecção.

As razões para um aumento de turbidez nas cisternas são, em primeiro lugar, águas novas provenientes das áreas de captação, sem a eliminação das primeiras chuvas, e transformações de matérias na água, devido à falta de limpezas periódicas (anuais) ou manutenção.

Há muitos métodos para medir a turbidez, sendo o mais direto a medida de atenuação da luz quando ela passa através de uma coluna de água. O tubo de turbidez permite estimar a qualidade da água baseado na avaliação visual da quantidade de luz que é dispersa e absorvida pelas partículas que estão suspensas na amostra. Essa avaliação é útil porque os problemas potenciais de escoamento precisam ser observados regularmente, especificamente antes, durante e imediatamente após as chuvas.

Em laboratório a turbidez pode ser medida pelo nefelômetro, que mede a quantidade de luz difundida pelas partículas na água, em unidades de turbidez nefelométricas (NTU's).

Neste trabalho, nas águas armazenadas em cisternas, a turbidez foi medida por sensores óticos, acoplados às sondas multiparâmetros.

Como as propriedades das partículas (forma, cor e reflectividade) influenciam na dispersão da luz, a correlação entre turbidez e sólidos totais dissolvidos é específica para cada local ou situação.

**Condutividade e Salinidade:** são essencialmente medidas de sais dissolvidos na água. Geralmente estão relacionadas aos sólidos totais dissolvidos (TDS). A condutividade específica (CE) mede como a água conduz uma corrente elétrica, propriedade que é proporcional à concentração de íons na solução. Esses íons, que são produtos da transformação dos compostos químicos, conduzem a eletricidade por serem modificados negativamente ou positivamente quando dissolvidos na água.

Portanto, a condutividade específica é uma medida indireta de sólidos dissolvidos como cloretos, nitratos, sulfatos, fosfatos, sódio, magnésio, cálcio e ferro e pode ser usado como

indicador da poluição da água. A condutividade é comumente utilizada para determinar a salinidade.

A salinidade é uma medida especial de sólidos dissolvidos baseada nas concentrações de sais oceânicos. Tecnicamente, a medida da salinidade requer comparações com o TDS das amostras, condutividade ou outras propriedades físico-químicas.

Vários poluentes podem ocasionar o aumento de CE, entre os quais se destacam os efluentes industriais e domésticos, escoamento superficial urbano proveniente dos calçamentos, escoamento superficial de áreas agrícolas e poluentes provenientes da atmosfera.

No caso das cisternas, se as áreas de captação não forem limpas com a eliminação das primeiras águas de chuva, todos os detritos (detritos de aves, material particulado, algas, entre outros) serão carregados para dentro das cisternas, sendo decomposto pelas bactérias na coluna de água, antes de sedimentar. Esse metabolismo libera a fonte de energia armazenada nas ligações químicas dos compostos orgânicos, consome oxigênio na oxidação dos compostos e libera dióxido de carbono após a energia ter sido liberada (queimada). O  $\text{CO}_2$  é rapidamente dissolvido na água para a forma de ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e íons carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), cujas quantidades relativas dependem do pH da água. Estes novos ácidos criados diminuem gradualmente o pH da água e os novos íons aumentam os TDS e, portanto, a CE.

A vantagem de usar a condutividade em lugar de TDS é a facilidade com que a medida pode ser realizada.

A condutividade específica é medida usando um sensor que mede a resistência. A unidade de condutância foi originalmente ohm (mho). Mais recentemente, o nome siemen tem sido usado para designar o termo usado pelo Sistema Internacional de Unidades. Assim, ambos mho e siemen são vistos em relatórios de qualidade de água Um siemen é igual a um mho. Como CE em águas naturais é normalmente menor que 1 siemen  $\text{cm}^{-1}$ , a CE é normalmente relatada em microsiemens (1/1.000.000 siemen) por centímetro ou  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Como ela é afetada pela temperatura, para maior consistência dos dados, seus os valores são corrigidos automaticamente para o valor padrão de 25 °C.

A água pura, teoricamente, teria um valor de CE igual a zero  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a 25 °C, no entanto esta água é muito difícil de ser produzida. A água destilada ou deionizada tem um CE de pelo menos 1  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . A água de chuva tem um valor de CE mais alto do que a água destilada devido aos gases dissolvidos do ar e também das partículas de areia ou outro material particulado do ar. Águas correntes, com um teor aceitável de sais, apresentam CE abaixo de 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Valores de condutividade muito baixos (10-100  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) são medidos em águas provenientes de gnaises, granito ou arenito colorido. Ao contrário, fontes de rochas calcárias, rocha calcária do triássico, freqüentemente, apresentam valores igual ou acima 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

De acordo com as indicações mencionadas, águas correntes com condutividade > 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$  são classificadas como ricas em minerais. Para comparação, a água do mar tem uma CE de aproximadamente 50.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Para os diversos usos da água corrente, as altas concentrações de sais somente têm efeitos negativos. Com respeito ao abastecimento de água, é importante ressaltar que os sais não são removíveis da água pelas técnicas comuns de tratamento, e que concentrações altas de sais promovem a corrosão e dificultam a formação de camadas protetoras superficiais.

**Sólidos totais:** o termo sólidos totais refere-se a matéria suspensa ou dissolvida na água e está relacionado à condutividade específica e turbidez. É o termo usado para o material deixado em um recipiente após a evaporação e/ou uso da água. Os sólidos totais incluem os sólidos totais suspensos (TSS) que são os sólidos que podem ser retidos em um filtro e, os sólidos totais dissolvidos (TDS) que são os sólidos que passam através do filtro.

Os TSS incluem ampla variedade de material como a silte, resíduos de plantas e animais, resíduos industriais e de efluentes. Altas concentrações de sólidos suspensos podem causar muitos problemas para a saúde do corpo de água e para a vida aquática. Eles podem bloquear a luz que chega a vegetação submersa e com isso reduz a fotossíntese e em consequência reduz as taxas de oxigênio dissolvido e causa morte as plantas. Com a decomposição das plantas, as bactérias usam mais oxigênio da água.

Outro impacto é o aumento na temperatura na água superficial, devido a absorção do calor da luz pelas partículas em suspensão. Isso pode causar queda nas taxas de oxigênio dissolvido como já discutido anteriormente, no item temperatura.

Altas concentrações de STS podem freqüentemente significar altas concentrações de bactérias, nutrientes, pesticidas e metais na água. Esses poluentes podem ligar-se às partículas do sedimento e ser carregadas dentro dos corpos de água.

Na medida dos STS, a amostra de água deve ser filtrada através de um filtro pré-pesado. O resíduo retido no filtro é seco em estufa a 103 -105 °C até peso constante e é expresso por mg MS L<sup>-1</sup>. O aumento no peso do filtro representa os sólidos suspensos totais.

A quantidade de STS deve ser zero ou aproximadamente zero para a água potável. A quantidade não tem usualmente nenhuma importância em águas de irrigação.

## Parâmetros químicos

**Nutrientes:** Este termo se refere aos vários elementos químicos essenciais à vida, mas no contexto de poluição da água, muito mais especificamente ao nitrogênio (N) e fósforo (P).

Estes elementos químicos são mais comuns nas águas dos barreiros, açudes e rios poluídos. Porém, como um número significativo de cisternas são abastecidas pelas populações rurais com águas provenientes destas fontes, é possível também, encontrá-los nos reservatórios das cisternas. A origem destes agentes químicos está relacionada à aplicação de fertilizantes pelos agricultores na forma de N, P e potássio (K), às vezes acompanhados de micronutrientes. Esses elementos se concentram nos efluentes dos criatórios de animais e sistemas sépticos e, principalmente N e P provenientes do escoamento superficial ou dos efluentes, podem alcançar os corpos de água e promover o crescimento de plantas aquáticas. As plantas aquáticas mais abundantes são as algas.

Quando os nutrientes essenciais estão em grande quantidade, naquelas fontes, há a multiplicação das algas, que se forem fitoplânctons microscópicos, aumentam a turbidez da água. A água torna-se então opaca, colorida de verde ou amarelo ou marrom e algumas vezes de vermelho. Portanto, a abundância no crescimento de algas ou plantas superiores num sistema aquático pode significar aporte excessivo de nutrientes. Esse crescimento em abundância, torna-se um problema para avaliação da qualidade da água.

**Nitrogênio:** o nitrogênio é o elemento mais abundante do ar, mas ocorre na forma de N<sub>2</sub> não utilizável pela maioria das formas de vida. Ele é prontamente utilizável pelas plantas



aquáticas se está dissolvido na água em forma inorgânica, compostos que são combinações de nitrogênio e oxigênio (nitratos e nitritos) ou nitrogênio e hidrogênio (amônia).

Os compostos nitrogenados atuam como nutrientes nos corpos de água. As reações com nitrato na águas naturais causam depleção de oxigênio. Assim, os organismos aquáticos, que dependem do suprimento de oxigênio, morrem. As maiores rotas de entrada do nitrogênio nos corpos de água são os efluentes industriais e municipais, tanques sépticos, detritos animais (incluindo peixes e aves). Na água, as bactérias convertem prontamente o nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) para nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

**Nitritos:** os nitritos podem reagir diretamente com a hemoglobina no sangue humano e outros animais de sangue quente para produzir metahemoglobina. Essa por sua vez destrói a capacidade dos glóbulos vermelhos para transportar oxigênio. Esta condição é mais séria nos bebês até os três meses de vida. A doença é conhecida como metemoglobinemia ou bebe azul (cianose).

Portanto, este parâmetro deve ser especialmente considerado em águas poluídas. Apesar de ter papel secundário para o balanço de nitrogênio na observação dos nutrientes, precisa ser apurado em todos os casos devido a sua alta toxicidade. Nos solos o nitrito tem maior mobilidade.

O valor aceitável para o teste de nitrito é igual a zero, caso contrário são necessárias ações corretivas. De modo algum a água com níveis de nitrito que excedem  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ , deve ser utilizada para alimentação de bebês.

**Nitrato:** Os nitratos são produtos da última etapa do ciclo do nitrogênio. As bactérias *Nitrobacter* convertem os nitritos para nitrato. Como regra os nitratos não são tóxicos aos peixes, mas altas concentrações contribuem para o crescimento de algas. Basicamente os nitratos são fertilizantes. Os valores aceitáveis para este parâmetro estão entre 200 a  $300 \text{ mg L}^{-1}$ . Caso a água contenha concentração maior que  $300 \text{ mg L}^{-1}$ , deverão ser tomadas ações corretivas.

**Amônia:** é outra forma inorgânica do nitrogênio e a mais estável em água. Ela é facilmente transformada para nitrato em águas que contém oxigênio e pode ser transformada para gás nitrogênio em águas com pouco oxigênio. A amônia é encontrada na água em duas formas – o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e, dissolvido, não ionizado, gás amônia ( $\text{NH}_3$ ). A forma depende do pH e temperatura da água. A amônia total é a soma das duas formas.

É encontrada em efluentes domésticos e em certos resíduos industriais. Ela é tóxica aos peixes e para outras formas de vida aquática e o seu nível precisa ser cuidadosamente controlado na água usada para criação de peixes em aquário.

Os testes de amônia são rotineiramente aplicados para o controle da poluição em efluentes e águas residuárias e para o monitoramento dos suprimentos de água para beber. O valor aceitável para o teste de amônia é zero. Concentrações tóxicas de amônia em humanos podem causar perda de equilíbrio, convulsões, coma e morte.

**Fósforo:** o elemento fósforo pode ocorrer na natureza em diversas formas, mas a forma inorgânica mais abundante nos ambientes aquáticos, é de ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ). O P na forma elementar é mais tóxico e está sujeito a bioacumulação. Os ortofosfatos são produzidos por processos naturais e são encontrados em lodo de esgoto.

As chuvas podem carrear fosfatos dos solos agrícolas, para as áreas de drenagem. Os fosfatos estimulam o crescimento de plâncton e plantas aquáticas que fornecem alimentos

aos peixes. Contudo, se um excesso de fosfato entra no fluxo de água há um crescimento exagerado da vegetação e um maior uso de oxigênio. Esta condição é conhecida como eutrofização ou super fertilização das águas receptoras.

Os fosfatos não são tóxicos ao homem ou animais, a menos que estejam presentes em níveis extremamente altos. Nestes casos podem ocorrer problemas digestivos.

Há muitas formas de fósforo que podem ser mensuradas. O fósforo total é a medida de todas as formas, dissolvidas ou particuladas, que são encontradas em uma amostra. O fósforo solúvel é a medida do ortofosfato, a fração filtrável do fósforo, a forma diretamente utilizada pelas plantas.

Ambos, o fósforo e o ortofosfato são freqüentemente medidos usando método colorimétrico.

**Cloretos:** O cloreto é um sal resultante da combinação de gás cloro e um metal. Entre os cloretos comuns estão cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>). O cloro (Cl<sub>2</sub>) é altamente tóxico e é freqüentemente usado como desinfetante. Em combinação com metal como sódio, torna-se essencial para a vida, pois pequenas concentrações de cloretos são necessárias para o funcionamento normal das células vivas.

Os cloretos podem chegar às águas superficiais provenientes de várias fontes, incluindo: rochas que contêm cloretos, escoamento superficial de áreas agrícolas, efluentes de indústrias e efluentes de estações de tratamento de águas residuárias, podendo contaminar os corpos de água.

Eles podem corroer metais e afetar o sabor dos produtos alimentares. Portanto, a água usada na indústria tem um nível máximo recomendado para cloretos. Os padrões para as águas de beber requerem níveis de cloretos que não excedam a 250 mg L<sup>-1</sup>.

Os cloretos normalmente não são prejudiciais ao homem. O cloreto de sódio pode dar o sabor salgado na concentração de 250 mg L<sup>-1</sup>, enquanto o cloreto de cálcio ou magnésio não é normalmente detectado pelo gosto até alcançar concentrações de 1000 mg L<sup>-1</sup>.

## Parâmetros biológicos

**Coliformes Totais:** as bactérias do grupo dos coliformes pertencem à família enterobacteriaceae. Estas bactérias praticamente inofensivas vivem no solo, águas e no aparelho digestivo dos animais.

Um grupo específico, importante, dentre estas bactérias, são os coliformes fecais que estão em grande número nas fezes e no intestino do homem e de outros animais de sangue quente. São também denominados de termotolerantes devido a sua capacidade de suportar temperaturas mais elevadas. Esta é a característica que diferencia os coliformes.

Podem entrar nos corpos de água via detritos humanos e animais e o membro mais comum é a Escherichia coli. A densidade do grupo coliforme é um critério significativo do grau de poluição e, assim, da qualidade sanitária. A detecção e enumeração do grupo coliforme têm sido usadas como base para o monitoramento padrão da qualidade bacteriológica do suprimento de água.

Os termotolerantes por si só, normalmente, não são patogênicos. A presença da contaminação fecal é um indicador de que podem existir outras bactérias patogênicas e, portanto, existir um risco potencial de doenças para os indivíduos expostos a estas águas. Os

patógenos, tipicamente, estão presentes em pequenas quantidades, o que torna impraticável o seu monitoramento com uma metodologia simples.

A presença de bactérias termotolerantes em ambientes aquáticos funciona como alerta de que ocorreu contaminação sem identificar a origem e indica que houve falhas no tratamento, na distribuição ou nas próprias fontes domiciliares. Se, um grande número destas bactérias (acima de 200 colônias/100 mililitros de água da amostra) é encontrado na água, é possível que também esteja ocorrendo a presença de organismos patogênicos que podem causar doenças como a febre tifóide, gastroenterites virais e bacterianas e hepatite.

As bactérias são organismos unicelulares que só podem ser vistos com a ajuda de um microscópio. No entanto, as bactérias coliformes formam colônias que podem crescer o bastante para serem vistas. Em amostras de água, pelo crescimento e contagem dessas colônias, é possível determinar aproximadamente quantas bactérias estavam originalmente presentes.

Há muitos caminhos para esta avaliação. Métodos comumente usados incluem o método do Número Mais Provável (NMP) e o filtro de membrana (MF). No primeiro, teste presuntivo é realizado antes e os resultados são relatados como número mais provável (NMP) de coliformes por 100 mL de água. O método MF é mais rápido, mas os resultados não são confiáveis para amostras de água que contenham muitas bactérias não coliformes, altas turbidez, e ou substâncias tóxicas como metais ou fenóis. Nesse caso a densidade dos coliformes é expressa como número de organismos por 100 mL de água.

As bactérias aeróbias heterótrofas, não representam nenhum grupo de bactérias em particular, porém têm muita utilidade na avaliação da qualidade da água, uma vez que refletem a carga total microbiana. A contagem destes microrganismos é realizada a 22 e 37°C, mas a última temperatura tem maior interesse sanitário.

**Clorofila:** a enumeração microscópica de dezenas de espécies de algas presentes em uma coluna de água é muito cara e tecnicamente impossível para os programas de monitoramento. Desta forma, medir a concentração de clorofila-a se torna muito mais simples e fornece uma razoável estimativa da biomassa das algas.

A clorofila é um tipo de pigmento que existe nos vegetais em geral, aí se incluindo os diversos gêneros de algas. O papel da clorofila é fundamental na fotossíntese, isto é, no mecanismo de nutrição dos vegetais.

A reação de síntese que ocorre nas células vegetais possuidoras de clorofila é uma reação fotoquímica, na qual o gás carbônico retirado do ar é combinado à água, consumindo energia armazenada pela clorofila, através da luz, para formar compostos orgânicos e como subproduto, o oxigênio. Portanto, o conhecimento quantitativo da clorofila permite estimar a capacidade de reoxigenação das águas no seu próprio meio, inferir sobre a densidade da população de algas e avaliar o aporte da quantidade de nutrientes.

## **Capítulo 3**

# **Indicadores de sustentabilidade**

Aderaldo de Souza Silva

Sabe-se que os indicadores de sustentabilidade podem servir de base para uma melhor compreensão do ambiente, da economia e da sociedade de um determinado território objeto do estudo, além de permitir a interação entre estas três dimensões.

Portanto, a ciência física não é a única resposta à obtenção da sustentabilidade no manejo dos recursos naturais, cultural e institucional. É essencial compartilhá-la com as ciências sociais para que a sociedade disponha de informações necessárias para manejar os recursos, disseminar informações de uma maneira politicamente neutra e preparar seus representantes, tomadores de decisão e o público alvo, sobre a construção de um futuro sustentável.

O desenvolvimento sustentável, precisa estar fundamentado em uma visão compreensiva e inclusiva destes sistemas, sendo aberto, dinâmico e integrado. Quando as instituições fazem o planejamento para o desenvolvimento sustentável, elas tomam decisões que mantenham os seus objetivos sociais, econômicos e ambientais, os quais devem ser amparados pelo conhecimento dos cientistas.

Os conhecimentos gerados pelas instituições de pesquisa aumentam o entendimento sobre os sistemas, fornecem dados sobre o seu desempenho atual e identificam os alvos para que se alcance o desempenho desejado. Portanto, o desenvolvimento sustentável é uma área onde é importante o uso de indicadores como ferramentas de avaliação analítica, explanatória, de planejamento, comunicação e desempenho (NRC, 2001). Nesse trabalho é defendido que os indicadores de sustentabilidade somente são efetivos se incorporarem o parâmetro social e se mantiverem os usuários com a informação necessária, de forma que possam entendê-la e relacioná-la (Figura 3.1).

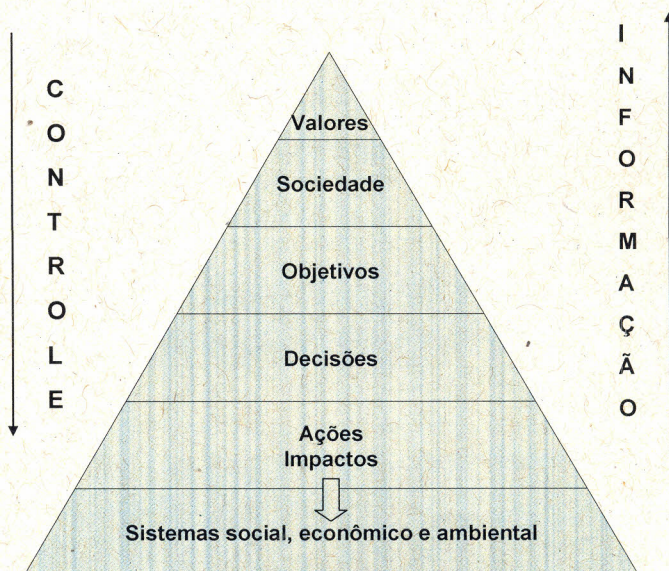


Figura 3.1. Fluxo do controle e da informação. Modelo hierárquico de manejo de recursos (Shields & Mitchell, 1997).

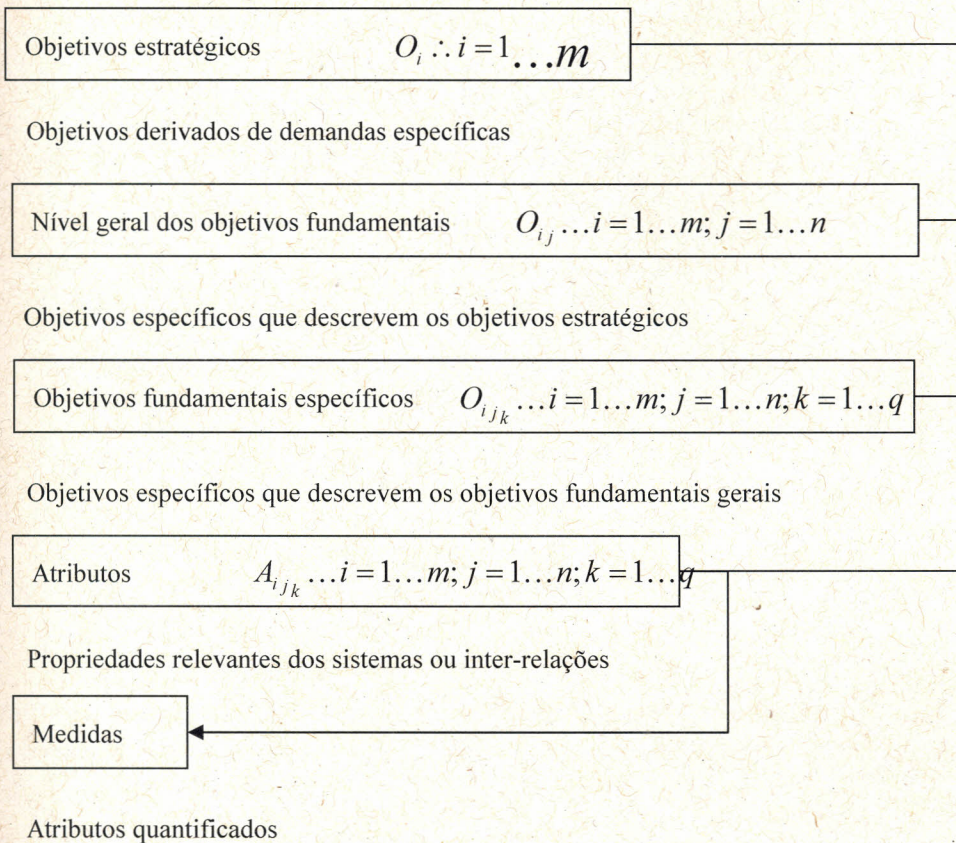
O modelo de controle hierárquico é usado para demonstrar os passos dos valores aos objetivos e às ações e impactos. O modelo de manejo de recursos desenvolvido por Shields & Mitchell (1997) exemplifica o modelo de sistema hierárquico. Ele reflete dois aspectos básicos: 1) os objetivos são reflexos da aplicação contextual do grupo de valores dos indivíduos; 2) os objetivos de manejo somente fazem sentido dentro do contexto do sistema social humano. Consistente com este ponto de vista, os valores são colocados no topo da hierarquia. Esses valores influenciam e são influenciados pela rede cultural, social, institucional e econômica, dentro da qual o indivíduo vive e, por meio do processo hierárquico, torna-se um grupo de valores ordenados.

Colocado neste contexto, o grupo de valores é o fator primário que influencia a seleção individual e o ordenamento dos objetivos. Assume-se que, pelo menos em teoria, as decisões e ações são tomadas no sentido de encontrar os objetivos propostos e que as ações têm impactos, que podem ser medidos e identificados, nos sistema social, econômico e ambiental.

Há uma inter-relação ordenada entre os objetivos e medidas. Um objetivo é uma indicação de que há um desejo de encontrar algo e é caracterizado por um contexto (neste caso recursos naturais), um objeto (uma ação alternativa) e uma direção de preferência (Keeney, 1992). As informações nos objetivos podem ser organizadas de duas maneiras: a) como hierarquia do objetivo fundamental, ou b) como uma rede.

A tradicional hierarquia de objetivos fundamentais é uma representação dos objetivos individuais ou grupos de objetivos, em forma de árvore (Caldwell, 1990; Keeney & Raiffa, 1976). Os objetivos estratégicos estão localizados no nível geral (mais alto) e, cada objetivo estratégico é então subdividido em objetivos específicos (de níveis mais baixos), com maior quantidade de detalhes, portanto, facilitando o entendimento dos objetivos que estão no nível geral. Finalmente, são dados atributos para os objetivos específicos, na estrutura da árvore. Um atributo é uma propriedade relevante de um sistema ou uma entidade, ou uma inter-relação relevante dentro ou entre Sistemas (Moon et al., 1998).

Na hierarquia da Figura 3.2, há  $O_i$  (onde  $i=1, \dots, m$ ) objetivos estratégicos. Cada objetivo estratégico é explicado com  $O_{i_j}$  ( $j=1, \dots, n$ ) objetivos fundamentais localizados no nível geral. Estes objetivos podem por sua vez ser descritos mais detalhadamente por meio de vários  $O_{i_j k}$  ( $k=1, \dots, q$ ), ou seja, objetivos específicos em um nível inferior. Neste arranjo invertido de árvore, os atributos são dados para os pares, isto é, os objetivos do nível inferior ( $A_{i_j k}$ ).

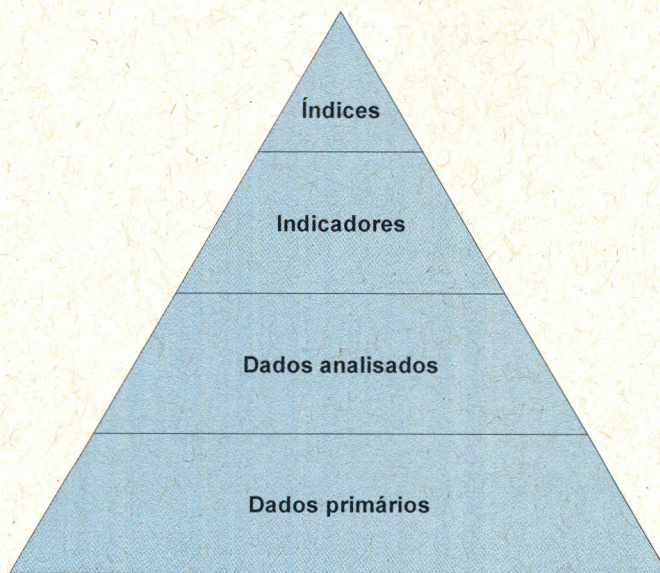


**Figura 3.2. Hierarquia dos objetivos fundamentais**

O grupo de atributos associado com um objetivo específico descreve um importante aspecto deste objetivo. Posteriormente, os atributos podem ser combinados em uma função matemática, algumas vezes chamada de função valor, que quantifica a importância relativa dos vários atributos através dos pesos dados.

A estrutura hierárquica dos objetivos, atributos e medidas é análoga à estrutura hierárquica dos índices. Em ambos os casos, os dados são a base da hierarquia. Estes dados, chamados medidas finais em algumas disciplinas, fornecem informações sobre o status e o funcionamento do sistema. Contudo, os dados primários são as bases para as análises.

O significado dos dados emerge através das análises, portanto, os dados analisados são significativos para o público geral, tomadores de decisão ou mesmo aos próprios cientistas. Assim, quando os dados são condensados, sua utilidade torna-se maior para uma determinada informação, que será repassada aos diferentes agentes de assistência técnica (Emmert, 1996). A redução progressiva dos dados é mostrada na pirâmide seguinte (Figura 3.3) representando a progressão hipotética dos dados analisados, para indicadores e, posteriormente para índices.



**Figura 3.3: Inter-relação entre os dados primários, dados analisados, indicadores e índices (Braat, 1991).**

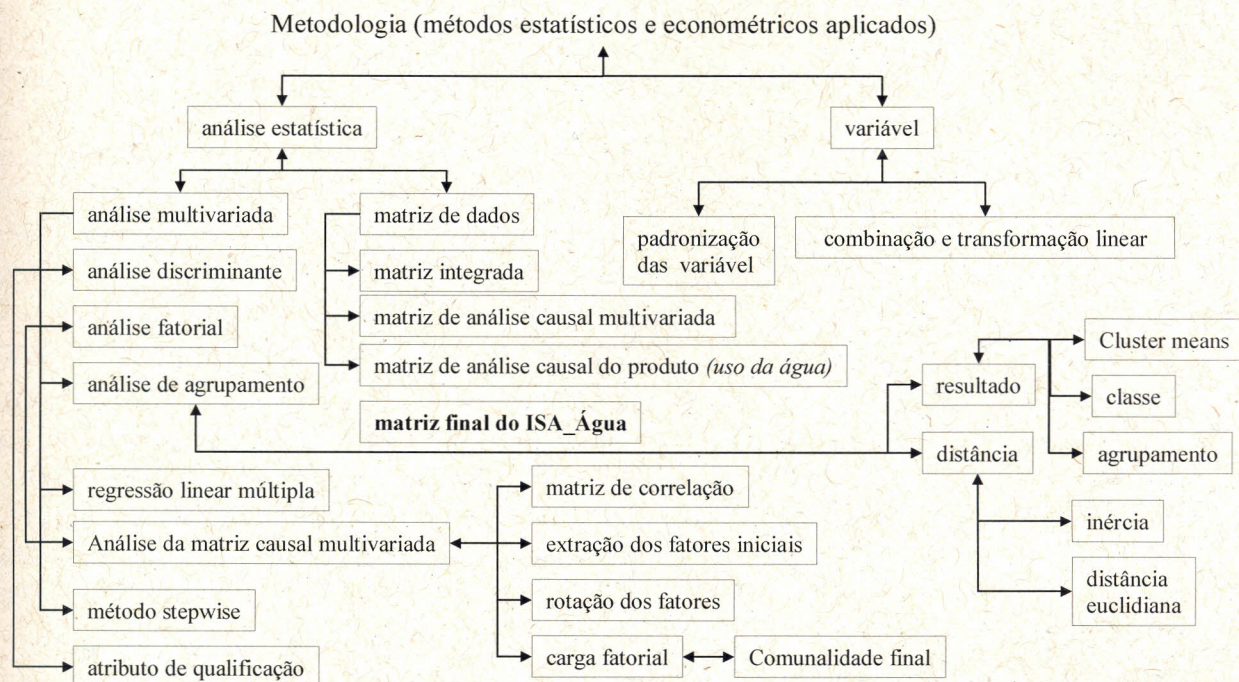
Indicadores efetivos tornam a vasta quantidade de dados analisados em informação relevante e significativa, reduzem a complexidade e trazem clareza para os processos de decisão (Brooks, 1996).

Os indicadores não são necessariamente números, em muitos casos eles podem ser códigos informativos, sinais ou marcas. Geralmente não aumentam nossos entendimentos sobre as atividades em andamento, porém, eles, certamente, são confiáveis para a tomada de decisão ou para o planejamento de ações futuras. São descritores comuns e equivalentes para fenômenos, por exemplo, o “verde” da luz do semáforo ou “elevada” para uma condição socioeconômica.

Os índices também podem ser construídos a partir dos dados analisados por meio da agregação de um grupo de dados de elementos com inter-relações estabelecidas (Prabu et al., 1996). Um índice é simplesmente um indicador de alta ordem, ele é um agregado ou grupo ponderado de indicadores (Khanna, 2000). Os índices predizem ou demonstram o estado de um dado sistema ou fenômeno. Mais importante, índices têm significado por estarem diretamente associados com propriedades medidas (DETR, 1997).

Há necessidade de se adaptar as linguagens formais (matemáticas, estatísticas ou lógicas) para manejar e combinar atributos de todos os processos proeminentes para determinado caso específico, indiferente da variável selecionada para medir o indicador. Para o propósito deste estudo, foram formulados todos os algoritmos relevantes, em função dos estudos realizados por Braga, 2005, os quais se encontram sistematizados e hierarquizados na Figura 3.4, o que não minimiza a importância da complexidade dos processos humanos e ambientais.





Fonte: Braga, 2005 (Tese de Doutorado, USP – “Vocabulário sistemático do subprojeto Ecovale” - [www.ana.gov.br/gefsf](http://www.ana.gov.br/gefsf) - subprojeto 1.4).

**Figura 3.4. Modelo esquemático da metodologia utilizada de integração dos diversos indicadores no processo de construção da sustentabilidade ambiental para a região semi-árida brasileira.**

Ressalta-se que o entendimento profundo e a capacidade para modelar matematicamente os processos envolvidos no desenvolvimento sustentável não podem ser encontrados sem um esforço adequado de pesquisa. Nem sempre é possível desenvolver conhecimentos profundos de muitos e complexos fenômenos. Contudo, necessitam-se informações apropriadas para direcionar as decisões futuras, que é o papel principal dos indicadores, refletidos, preferencialmente, em uma Matriz Causal.

A equipe de pesquisadores do Laboratório de Sustentabilidade Ambiental (LSA) da Embrapa Semi-Árido, por ter participado de trabalhos em parceria com a entidade mencionada, tem incorporado em seus procedimentos de ponderação da Sustentabilidade Ambiental (SA) à análise da cadeia causal, adaptada do GEF, onde introduziu-se para a obtenção dos resultados, tratamento estatístico multidimensionais (análises multivariada), objetivando traçar o caminho das causas-efeito dos problemas significativos de AIA, buscando suas origens ou causas-raízes (construção de novos indicadores) e as correspondentes ações minimizadoras para solucioná-las (sugestões de ações estratégicas mitigadoras).

Dentro do marco conceitual da sustentabilidade ambiental desenvolvido por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente, pode-se identificar três componentes fundamentais e indissociáveis: a dimensão ecológica, a dimensão econômica e dimensão social. Tais dimensões ou perfis, segundo aqueles pesquisadores, definem e caracterizam os modos de uso e de ocupação do território espaço-temporal pelas comunidades envolvidas. Na prática, sugerem buscar a integração de objetivos conflitantes entre esses componentes, já que os anseios de desenvolvimento dos setores da sociedade são variados e não lineares.

A busca por indicadores de sustentabilidade é intensa e em vários campos do conhecimento, já que são considerados ferramentas precisas e de amplo uso em diferentes âmbitos e estratégias como, por exemplo, na hierarquização da performance de desenvolvimento de países (OECD, 1999, 2000), no manejo e planejamento ambiental de bacias hidrográficas (ARMITAGE, 1995), ou na avaliação da sustentabilidade do manejo das terras na escala de propriedades (SMYTH & DUMANSKI, 1995). A utilização destes indicadores foi consagrada de forma individualizada no International Expert Meeting on Information for Decision: Making and Participation, de 2000, realizado no Canadá (ONU, 2001).

Seguindo-se esta lógica e buscando-se a avaliação do uso sustentável dos recursos hídricos de uma região, os perfis econômico, ecológico e social são tratados de forma integrada e caracterizados individualmente, por grandes temas construídos com as informações provenientes de dados obtidos durante os levantamentos de campo, do tratamento digital das imagens de satélite e da base cartográfica em SIG, além dos dados censitários disponibilizados pela Fundação IBGE.

Como comentado anteriormente, a metodologia do ISA\_ÁGUA (Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água) foi desenvolvida inicialmente, pela Embrapa Meio Ambiente para a região do Submédio São Francisco (PROJETO, 2002). Em seguida esta mesma equipe realizou estudo, dirigido a região do Poxim (SE) (PROPOSTA, 2003).

Em síntese, o ISA\_ÁGUA desenvolvido por aquele Centro Temático da Embrapa, representa a descrição real quantitativa e qualitativa de componentes selecionados em cada tema formador dos perfis, definidos como indicadores. As unidades geográficas de análise (municípios) são apresentadas espacialmente de forma hierarquizada, como mapas temáticos sintéticos, após a interação e análise estatística dos indicadores, representando distintos zoneamentos para cada tema considerado ([http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim\\_22.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_22.pdf)).

Para a construção do ISA com seus respectivos mapas temáticos, além da base de dados obtidos das pesquisas em campo, utilizam-se bases de dados cedidas por outras entidades governamentais e não-governamentais. Também é usada as bases da malha municipal digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2000). Desta, extraem-se os limites regionais e municipais, utilizados na seleção dos municípios, cujas comunidades são avaliadas na escala do Brasil ao milionésimo ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)).

Também, do IBGE, extraem-se informações referentes a localização: (i) das sedes municipais e de outras localidades; (ii) da rede hidrográfica (rios permanentes e intermitentes, fontes de água perenes e intermitentes) e do sistema viário (rodovias pavimentadas, não pavimentadas e outras estradas); (iii) dos municípios relacionados a área de estudo, e (iv) do limite da região semi-árida, segundo o Zoneamento Agroecológico do Nordeste - ZANE (Embrapa, 2000).

Finalmente, o objetivo da construção de indicadores integralizados por meio de um único índice designado de Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA), o qual é utilizado na gestão de projetos executivos ou no estudo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de uma tecnologia (produto) específica, é propor sugestões técnicas, utilizando-se uma cadeia causal (*causal chain analysis*), que é uma ferramenta usada pelo GEF (Fundo Mundial para o Meio Ambiente) para definição e delineamento de ações estratégicas de curto, médio e longo prazo.

## Capítulo 4

# Estudo de caso: Projeto ATECEL-FINEP- UFCG

Aderaldo de Souza Silva  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Beatriz Suzana Ovruski de Ceballos

Na avaliação da qualidade das águas das cisternas do Projeto ATECEL-FINEP-UFCG, o enfoque principal foi sobre os parâmetros físicos e químicos obtidos por meio da sonda multiparâmetros ([www.ysi.com](http://www.ysi.com)) para efeito do desenvolvimento do Indicador IQA-CSA. Enquanto os resultados das análises microbiológicas, usadas em forma complementar, foram provenientes do Banco de Dados da Embrapa Semi-Árido, pertencente ao Laboratório de Sustentabilidade Ambiental ([www.cpatsa.embrapa.br/lisa](http://www.cpatsa.embrapa.br/lisa)) com valores isolados de medição. As características relatadas são consideradas as mais importantes, no entanto, esta seleção foi acrescida das características de intensidade da coloração e odor.

## Localização da área de estudo

Os cinco municípios objeto das pesquisas no Estado da Paraíba (São José do Sabugi, Campina Grande e São João do Cariri) e no Estado de Pernambuco (Caruaru e Pesqueira) foram pré-selecionados pelo projeto cisternas da ATECEL-FINEP-UFCG, em parceria com Embrapa Semi-Árido e outras instituições (Figura 4.1).

A equipe de pesquisadores da Embrapa Semi-Árido contribuiu na avaliação preliminar dos recursos naturais e socioeconômicos dos municípios pesquisados e disponibilizou as bases de dados existentes no Laboratório de Sustentabilidade Ambiental. As informações foram sistematizadas em mapas digitais, tendo como unidade cartográfica de referência, o período de meses secos contínuos e geoprocessados sobre a base municipal.

As bases de dados georreferenciadas utilizadas na construção do Indicador de Qualidade de Uso de Água em Cisternas foram organizadas a partir de amostras de água, analisadas *in loco*, nos municípios estudados. Também, foram utilizadas as seguintes bases de dados: (i) poços tubulares (CPRM/Embrapa Meio Ambiente e Embrapa Semi-Árido), (ii) qualidade físico-química e microbiológica de águas provenientes das cisternas do Programa do MDS, em parceria com a ASA e (iii) agricultura irrigada, proveniente do Cadastro Frutícola da região Nordeste (CODEVASF).

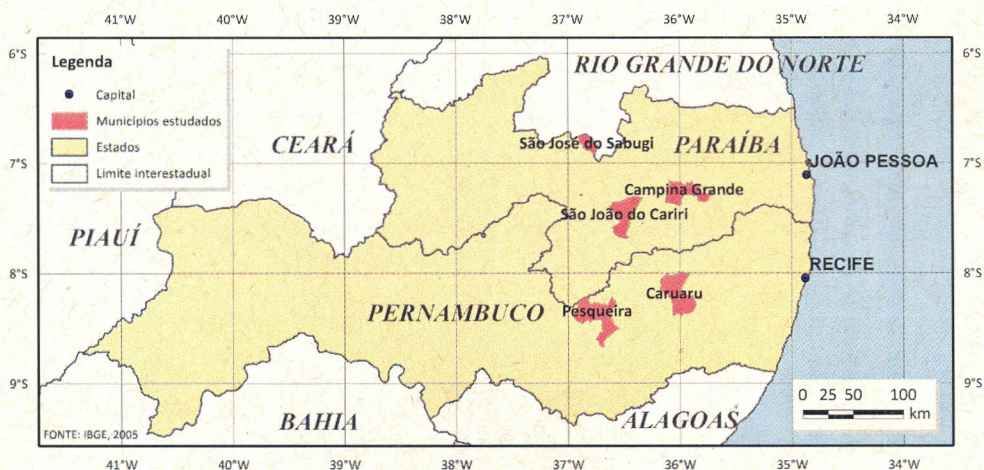


Figura 4.1. Localização das cinco comunidades rurais pesquisadas pertencentes ao Estado da Paraíba (São José do Sabugi, Campina Grande e São João do Cariri) e Pernambuco (Caruaru e Pesqueira).

Os parâmetros físico-químicos mensurados foram: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), turbidez (NTU), condutividade ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), sal ( $\text{mg L}^{-1}$ ), oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ), sólidos totais dissolvidos ( $\text{mg L}^{-1}$ ), amônia ( $\text{mg L}^{-1}$ ), amônio ( $\text{mg L}^{-1}$ ), cloretos ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ). As amostras de água utilizadas pelas famílias para consumo, água de beber, foram coletadas em 288 domicílios, sendo 143 na Paraíba e 145 no Estado de Pernambuco. As análises foram feitas em tempo real com a utilização de uma Sonda Multiparâmetros (Multiprobe - DataSonde 4a) e um Medidor (Surveyor 4a) (Figura 4.2).



Figura 4.2. Instrumentos utilizados na coleta de amostras, no registro dos dados e no georreferenciamento dos pontos amostrados.

## Análise Estatística

A análise estatística multivariada remonta aos anos 30 e, após o seu advento, a sua utilização permitiu avanços significativos na pesquisa ambiental. Silva & Souza (1987) destacaram que diferentes conjuntos de dados têm considerações incomparáveis em relação a estatística convencional, devido a coleta ser realizada em contextos diversos nos sistemas ambientais.

Este tipo de análise permite inferir simultaneamente a complexidade de um conjunto de dados, considerando as semelhanças e/ou diferenças. Para obtenção dos resultados é utilizada a transformação das informações, no espaço geométrico multidimensional, em que a capacidade de interpretação humana não consegue visualizar, a não ser imaginariamente. Silva & Machado (1997) consideram que a relativa complexidade teórica inibe a utilização mais ampla do método.

Escofier & Pagès (1992) consideram os métodos multivariados um instrumento de síntese, por intermédio do qual é possível obter representações simplificadas de grandes massas de dados. Eles permitem, ainda, interpretar com maior facilidade, graças à hierarquização e eliminação dos efeitos marginais e pontuais que perturbam a percepção global.

A partir dos dados originais obtidos dos 7 parâmetros estudados realizou-se a análise estatística com o auxílio do software SAS (Statistical Analysis System), utilizando o procedimento *Factor* (SAS/STAT, 2002). A análise estatística foi feita considerando-se os valores médios dos dados coletados nos 288 pontos de coleta georreferenciados.

Os métodos de análise estatística utilizados foram a Análise Fatorial e a Análise de Agrupamento (*cluster analysis*), por enquadrarem-se na técnica de análise multivariada,

onde são efetuadas mensurações múltiplas sobre uma amostra, que fornece um melhor entendimento na razão direta do número de variáveis utilizadas e permite considerar simultaneamente a variabilidade existente nas diversas propriedades medidas. Esta técnica mostra-se adequada para o agrupamento dos parâmetros analisados, pois os considera em conjunto e com unidades de medidas diferentes.

A utilização de modelos multivariados pode ser feito numa diversidade de campos, mas dada à multiplicidade de características existentes nos ecossistemas hídricos, sua aplicação tem sido cada vez mais empregada, pois esses ambientes representam sistemas complexos nos quais aparecem os mais diferentes efeitos isolados.

## Análise Fatorial

A análise fatorial foi desenvolvida pelo psicólogo Charles Spearman em 1904 e atualmente é utilizada nos campos da sociologia, medicina, educação, economia, agronomia e limnologia (Shoji, Yamanote, Nakamura, 1966). Pertence ao grupo de técnicas que, em estatística é denominada Análise Multivariada. A análise fatorial consta de um conjunto de técnicas dirigidas ao estudo das correlações entre: diferentes variáveis, os indivíduos da amostra, indivíduos e variáveis, segundo as particularidades de cada caso. O resumo de um conjunto numeroso de dados por meio do emprego de um pequeno conjunto de fatores é o ponto comum destas técnicas. Com esta técnica é possível ordenar os indivíduos estudados em um espaço definido por um pequeno número de fatores, pelos quais fica expressa uma alta percentagem de variância total ocorrida no conjunto de pontos (Sanchez, 1988).

A análise fatorial procura condensar o espaço de muitas variáveis que descrevem uma realidade, em uma dimensão que facilite a análise (Harmann, 1976).

Na análise fatorial inicia-se com um grupo de variáveis  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Essas variáveis são usualmente padronizadas pelo programa de computador de forma que cada um das suas variâncias é igual a 1 e suas covariâncias são os coeficientes de correlação. Assumimos que cada  $x_i$  é uma variável padronizada, i.e.,  $x_i = (X_i - \bar{X}_i) / S_i$ . Na análise fatorial os  $x_i$ 's são chamados de *variáveis originais* ou *variáveis resposta*. O modelo de análise fatorial assume que cada variável original  $X_i$  pode ser expressa como uma função linear de um menor número de *fatores comuns*, por serem comuns às variáveis, mais uma componente de variação residual, ou seja:

$$X_i = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} f_j + e_i$$

em que;

$\lambda_{ij}$  é a carga fatorial da  $i$ -ésima variável no  $j$ -ésimo fator comum, refletindo a importância do  $j$ -ésimo fator na composição da  $i$ -ésima variável;

$f_j$  são os fatores comuns;

$e_i$  são fatores específicos, que descrevem a variação residual específica da  $i$ -ésima variável.

A equação acima e suas concepções constituem o chamado Modelo Fator (*Factor Model*), desse modo cada uma das variáveis é composta de uma parte devido aos fatores comuns e outra devido a eles pertencerem ao fator único (score fatorial).

O objetivo principal da análise fatorial é estimar fatores com facilidade de interpretação, torna-se possível estimar novos fatores com elevados coeficientes de saturação, mais fáceis de interpretar. Esses novos fatores são obtidos por rotação ortogonal e são selecionados de modo que os coeficientes de saturação estejam próximos de  $\pm 1$  (Afifi & Clarck, 1984), tornando-se fácil dar a cada fator uma interpretação a respeito de uma variável ou a conjunto de variáveis (que defina uma atividade ou característica), que com ele está altamente correlacionado.

Inicialmente, procedeu-se a análise fatorial, com o objetivo de reduzir um conjunto de variáveis - que caracteriza os parâmetros - a um número de (fatores) que representasse o comportamento dessas variáveis originais.

A determinação do número de fatores na análise fatorial baseia-se na percentagem da variância total das variáveis, que é explicada pelo conjunto de fatores, associada à representatividade destes à realidade da situação em estudo. Concluiu-se, após algumas tentativas, que três fatores seriam adequados para o caso em estudo.

## **Análise de Agrupamentos**

A análise de agrupamento ou *cluster analysis* compõe-se de algoritmos que pressupõe agrupar ou separar um conjunto de indivíduos (dados), em um número restrito de classes homogêneas, de modo que exista heterogeneidade, inclusive entre os elementos de grupamentos ordenados distintamente. As variáveis devem ser altamente associadas, uma após as outras, em diferentes agrupamentos e relativamente distintas umas das outras. Este processamento facilita a análise, a legibilidade, as comparações, a concentração e as transformações das estatísticas (Everitt, 1974).

Na análise de agrupamento, variáveis, elementos ou unidades constituem grupos homogêneos a partir de indicadores de semelhança ou de afinidades entre eles, Esses indicadores estão contidos numa matriz chamada *matriz de proximidade ou similaridade*. O termo *similaridade* se refere a índice de proximidade, que aumenta à medida que cresce a semelhança entre as observações. Esses índices são expressos numericamente. Se  $n$  medidas para um elemento  $i$ , são dadas em um vetor  $X_i$ ,  $n \times 1$ , a distância do elemento  $i$  a outro elemento  $j$  pode ser calculada, na forma mais simples, de acordo com:

$$D_{ij} = [(X_i - X_j)'(X_i - X_j)]^{1/2}$$

Esse cálculo pode ser generalizado para todos os elementos do estudo (Hinz, 1975). As distâncias são representadas na matriz de proximidade, e a anotação da  $ij$ , a posição, nessa matriz, indica a distância entre o elemento  $i$  e o elemento  $j$ . Essa matriz é simétrica ( $d_{ij} = d_{ji}$ ), com zeros na diagonal principal.

Finalmente com a finalidade de completar o desenvolvimento metodológico da construção do indicador de qualidade de uso da água da cisterna, realizou-se a hierarquização das variáveis estudadas, a qual permitiu identificar os grupos homogêneos de usuários das águas das cisternas, permitindo selecionar os pontos amostrados, de acordo com resultados e indicações das análises efetivadas, para sugestões de medidas atenuantes, preventivas e/ou corretivas da gestão das águas das cisternas domiciliares, utilizadas para consumo humano nos municípios do Estado da Paraíba. Procedimento similar foi feito para os dois municípios do Estado de Pernambuco, pesquisados.

Os valores para tamanho da amostra, média, desvio padrão e valores mínimos e máximos das variáveis mensuradas, são apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2. Na Tabela 4.1 são apresentados os dados médios obtidos nas 143 amostras de água (água de beber), do Estado da Paraíba, para as variáveis estudadas e mensuradas *in loco* nos domicílios pesquisados, no mês de maio de 2007. Os pontos amostrados foram devidamente georreferenciados e especificado a data e a hora da coleta e registro das informações, as quais se encontram sistematizadas no Banco de Dados, construído por meio do Software CSPRO V. 3.3. (<http://www.census2010.gov/ipc/www/cspro/index.html>).

Verifica-se que os valores médios obtidos para as variáveis mencionadas nos 143 domicílios amostrados, no Estado da Paraíba e, os 145 pesquisados no Estado de Pernambuco (Tabela 4.2), os quais encontram-se dentro dos limites estabelecidos como não restritivos, quando comparados com os valores do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para águas de beber. Entretanto os valores médios encontrados para turbidez, pH, amônia e cloreto no Estado da Paraíba e turbidez e cloreto no Estado de Pernambuco, ultrapassam os padrões estabelecidos pelo OMS.



TABELA 4.1. Estatística descritiva das variáveis estudadas nos municípios do estado da Paraíba, comparadas com os teores máximos considerados potencialmente prejudiciais para águas utilizadas para beber pelos padrões do Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução nº20, 18/06/86 (CONAMA) e pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Variável	N	Média	Desvio Padrão	Valor		Teores máximos	
				Mínimo	Máximo	CONAMA	OMS
Temperatura	143	24.99	1.41	22.65	27.21		
Turbidez	143	2.09	3.78	0.00	<b>14.85</b>		5.0
pH	143	8.33	0.43	7.08	<b>9.98</b>	6.0-9.0	8.0
Sal	143	0.13	0.14	0.02	0.86		
OD*	143	7.21	1.59	4.85	11.35	>5.0	
TDS**	143	0.17	0.12	0.03	0.55		1.0
Amônia	143	0.78	1.68	0.02	<b>8.27</b>		0.5
Cloreto	143	5.84	7.17	0.52	<b>43.73</b>		5.0
Nitrato	143	0.85	1.02	0.01	3.72		50

(\*) Oxigênio dissolvido - (\*\*) Sólidos totais dissolvidos.

TABELA 4.2. Estatística descritiva das variáveis estudadas nos municípios do estado de Pernambuco, comparadas com os teores máximos considerados potencialmente prejudiciais para águas utilizadas para beber pelos padrões do Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução nº20, 18/06/86 (CONAMA) e pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Variável	No.	Média	Desvio Padrão	Valor		Teores máximos	
				Mínimo	Máximo	CONAMA	OMS
Temperatura	145	22.86	0.31	22.28	23.39		
Turbidez	145	2.81	4.68	0.00	<b>14.80</b>		5.0
pH	145	8.48	0.33	7.53	9.58	6.0-9.0	8.0
Sal	145	0.07	0.05	0.01	0.39		
DO*	145	7.19	1.11	4.56	11.96	>5.0	
TDS**	145	0.09	0.07	0.01	0.52		1.0
Amônia	145	0.26	0.36	0.01	2.99		0.5
Cloreto	145	4.67	14.16	0.05	<b>84.44</b>		5.0
Nitrato	145	0.68	0.49	0.03	2.84		50

(\*) Oxigênio dissolvido - (\*\*) Sólidos totais dissolvidos.

Os resultados da estatística descritiva não foram suficientes para explicar o uso da água de beber, provenientes de cisternas domiciliares, por considerar as médias e a amplitude dos valores analisados. Devido a complexidade e as interações inerentes com o ambiente, ações antropogênicas e a possibilidade de abastecimento das cisternas com água oriundas de outras fontes (cacimbas, açudes, poços, lagos, rios e barreiros), optou-se pela utilização de métodos de análise mais adequado e por esse motivo recorreu-se a Análise Fatorial e Análise de Agrupamento com a finalidade de melhor compreensão do comportamento das nove (9) variáveis estudadas, abordando-as como um sistema complexo que é característico dos corpos hídricos, principalmente na região semi-árida brasileira. Estes dois métodos de análise estatística se enquadram na técnica de análise multivariada, a qual permite inferir, simultaneamente, a complexidade de um conjunto de dados, considerando as suas similaridades e/ou diferenças.

## Identificação de Fatores

A técnica de análise fatorial é um importante instrumento no estudo dos parâmetros físico-químicos para a avaliação da qualidade das águas provenientes de quaisquer fontes hídricas, quer seja superficial ou de origem subterrânea. Porém sua utilização, se puramente estatística, pode ocasionar erros de interpretação. É necessário a verificação da matriz de correlação e a distribuição de cargas fatoriais que explicam o comportamento do corpo hídrico.

O uso desta ferramenta tem a finalidade de simplificar e precisar o processo de avaliação da qualidade das águas, usadas para consumo humano. Além disso, não elimina a necessidade de enquadramento dos corpos de água, que devem estar baseados não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade.

Considerando as ressalvas anteriores, apresenta-se nas Tabelas 4.3 e 4.4, os valores obtidos para as cargas fatoriais rotacionadas pelo método Varimax, as estimativas finais das comunalidades, e as percentagens *explicadas* da variância total relativa a cada fator e acumulada para dois, três e quatro fatores, para os municípios avaliados nos Estados da Paraíba e Pernambuco, respectivamente. As cargas fatoriais são os coeficientes de correlação entre cada uma das variáveis e os respectivos fatores. As comunalidades fornecem a proporção da variância de cada variável que é *explicada* pelo número de fatores considerados adequados na análise.

Nas mesmas Tabelas verifica-se pelas comunalidades finais, que as variáveis mais explicadas foram, turbidez,  $\text{NH}_3$ , pH, oxigênio dissolvido e sal para as amostras de água coletadas na Paraíba, enquanto em Pernambuco foram: sal, sólidos totais dissolvidos, pH,  $\text{NH}_3$  e temperatura. As menos explicadas na Paraíba foram: temperatura, nitrato, TDS e cloreto e, em Pernambuco, destacaram-se a oxigênio dissolvido, turbidez, nitrato e cloreto.

**TABELA 4.3 - Cargas Fatoriais para os resultados obtidos, pelo método VARIMAX, com a rotação ortogonal dos fatores principais das variáveis físico-químicas das águas de beber nos municípios do Estado da Paraíba.**

Variáveis	Cargas Fatoriais para				Comunalidades Finais (%)
	F1	F2	F3	F4	
Sal ( $\text{mg L}^{-1}$ )	<b>0.90</b>	0.09	-0.02	-0.03	82,50
Cloreto ( $\text{mg L}^{-1}$ )	<b>0.88</b>	-0.02	-0.05	-0.15	79,65
TDS ( $\text{g L}^{-1}$ )	<b>0.85</b>	0.10	-0.01	0.18	76,96
OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	-0.03	<b>0.86</b>	0.26	0.00	81,59
Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0.20	<b>0.83</b>	-0.18	0.04	75,83
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	0.01	<b>0.76</b>	0.24	-0.09	64,68
$\text{NH}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0.07	0.13	<b>0.93</b>	0.11	89,89
pH	-0.14	0.13	<b>0.92</b>	-0.11	89,51
Turbidez (NTU)	-0.01	-0.03	0.00	<b>0.98</b>	96,89
Variância explicada para cada fator	2.38	2.06	1.88	1.06	
% da Variância total	28.72	26.28	15.23	11.71	
% acumulada	28.72	55.00	70.23	81.95	

(\*) Oxigênio dissolvido - (\*\*) Sólidos totais dissolvidos.

**TABELA 4.4 - Cargas Fatoriais para os resultados obtidos, pelo método VARIMAX, com a rotação ortogonal dos fatores principais das variáveis físico-químicas das águas de beber nos municípios do Estado de Pernambuco.**

Variáveis	Cargas Fatoriais para				Comunalidades Finais (%)
	F1	F2	F3	F4	
Sal (mg L <sup>-1</sup> )	<b>0.96</b>	0.13	0.00	-0.02	93,46
TDS** (g L <sup>-1</sup> )	<b>0.96</b>	0.13	0.01	-0.03	93,17
Cloreto (mg L <sup>-1</sup> )	<b>0.81</b>	-0.20	0.12	-0.06	71,47
pH	-0.11	<b>0.91</b>	-0.06	-0.14	86,96
NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0.16	<b>0.89</b>	0.16	0.04	84,49
Temperatura (°C)	0.26	-0.06	<b>0.87</b>	-0.13	84,52
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	0.43	-0.31	<b>-0.66</b>	-0.21	76,37
Turbidez (NTU)	0.04	0.02	0.18	<b>0.78</b>	64,99
OD* (mg L <sup>-1</sup> )	0.13	0.12	0.29	<b>-0.66</b>	55,34
Variância explicada para cada fator	2.80	1.81	1.35	1.14	
% da Variância total	31.62	21.46	13.79	12.10	
% acumulada	31.62	53.08	66.87	78.98	

(\*) Oxigênio dissolvido - (\*\*) Sólidos totais dissolvidos.

Observa-se que as cargas fatoriais, nas amostras de água provenientes dos municípios paraibanos, no que refere-se ao fator F1, denominado “*Salinidade*”, por associar as variáveis sal, cloreto e TDS, têm contribuição significativa no Fator, com valores de cargas fatoriais de 0,90, 0,88 e 0,85, respectivamente. O segundo Fator F2, denominado “*Nutrientes*”, tem na sua formação o destaque da associação entre oxigênio dissolvido, nitrato e temperatura, cujos valores de contribuição no Fator foram de 0,86, 0,83 e 0,76, respectivamente. O Fator 3 denominado de “*Alcalinidade*” está associado às variáveis amônia e pH e mostrou-se positivo e mais fortemente correlacionado com estas variáveis, já que as cargas fatoriais tem valores próximo de 1 e não apresentam diferenças significativas. O Fator 4 nomeado de “*Turbidez*” é descrito exclusivamente, pela variável turbidez, sendo o mais fortemente correlacionado, entre os quatro fatores, com carga fatorial igual a 0,98, praticamente igual a unidade. Esses quatro fatores em conjunto captaram 81,95% da variância total dos fatores, sendo que 28,72%, 26,28%, 15,23% e 11,71% dessa variância foram explicadas pelos fatores F1, F2, F3 e F4, respectivamente.

As cargas fatoriais, para os resultados obtidos nas análises de qualidade de água nos municípios pernambucanos, tiveram comportamentos similares aos dos municípios paraibanos em relação ao Fator 1, também denominado de “*Salinidade*”, apenas havendo uma inversão entre nas variáveis TDS e cloreto, com valores de contribuição no Fator de 0,96 e 0,81, respectivamente, enquanto a variável sal, que representa a salinidade teve valor de 0,96. O Fator 2 foi denominado de “*Alcalinidade*” devido a estar fortemente correlacionado com as variáveis pH e NH<sub>3</sub>, com valores de contribuição da carga fatorial de 0,91 e 0,89, respectivamente. O Fator 3 foi interpretado como “*Temperatura da água*” em função da presença da variável temperatura, que segundo as estimativas finais das comunalidades

apresentaram uma explicação de 76,37% e 84,52%, respectivamente. O Fator 4 foi denominado de “Turbidez”, sendo representado pelas variáveis turbidez e oxigênio dissolvido, com valores de contribuição no Fator de 0,78 e -0,66, explicadas pelas estimativas das comunalidades finais em 64,99% e 55,34%. Salienta-se que a carga fatorial da taxa de oxigênio se apresentou negativa, significando que esta variável é inversamente proporcional a turbidez da água. O mesmo comportamento foi observado no Fator 3 com as variáveis nitrato e temperatura.

Os quatro fatores resultantes da análise fatorial mostraram as variáveis associadas entre si que possibilitaram a avaliação da qualidade das águas nos municípios paraibanos e pernambucanos com menor número de variáveis e maior compreensão do sistema.

Os resultados da Análise Fatorial foram usados para a estratificação dos grupos, por meio da Análise de Agrupamento. Também, foi usado para efeito de estratificação o mecanismo de seleção de variáveis em ordem hierárquica seqüencial, o método estatístico Stepwise a partir da variável mais significativa, como é possível observar nas Tabelas 4.5 e 4.6. Na Tabela 4.5 o pH é a variável que mais discrimina as amostras de água coletadas nos municípios paraibanos, seguidas das variáveis sólidos totais dissolvidos, turbidez, temperatura e oxigênio dissolvido. No caso dos municípios pernambucanos o resultado também, é similar para a variável pH, porém nos passos seguintes, são selecionadas outras variáveis, tais como: sal, nitrato, turbidez e temperatura, nesta ordem seqüencial.

**TABELA 4.5 – Hierarquização das variáveis avaliadas em termos de significância pelo método estatístico *Stepwise* (Summary of Stepwise Selection) em função da variável amônia (NH<sub>3</sub>) presente nas amostras de água, coletadas nos municípios do Estado da Paraíba.**

Hierarquização das variáveis			
Passo	Variável	R <sup>2</sup>	Pr > F
1	pH	0.6037	<.0001
2	TDS** (mg L <sup>-1</sup> )	0.6563	<.0001
3	Turbidez (NTU)	0.6719	0.0112
4	Temperatura (°C)	0.6794	0.0750
5	OD* (mg L <sup>-1</sup> )	0.6846	0.1354

(\*) Oxigênio dissolvido - (\*\*)Sólidos totais dissolvidos.

**TABELA 4.6 – Hierarquização das variáveis avaliadas em termos de significância pelo método estatístico *Stepwise* (Summary of Stepwise Selection) em função em função da variável amônia (NH<sub>3</sub>) presente nas amostras de água, coletadas nos municípios do Estado da Pernambuco.**

Hierarquização das variáveis			
Passo	Variável	R <sup>2</sup>	Pr > F
1	pH	0.4519	<.0001
2	Sal (mg L <sup>-1</sup> )	0.4993	0.0003
3	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	0.5302	0.0028
4	Turbidez (NTU)	0.5414	0.0664
5	Temperatura (°C)	0.5503	0.0991

Obtidos os escores fatoriais, para cada um dos 143 domicílios amostrados na Paraíba e 145 em Pernambuco, com relação a cada fator, executou-se a Análise de Agrupamentos. O método utilizado foi o FASTCLUS (SAS/STAT..., 2002) baseado nos escores dos fatores. Assim, buscou-se a similaridade entre os domicílios amostrados que apresentassem níveis próximos desses fatores, constituindo-se em grupos homogêneos, apresentados nas Tabelas 4.7 e 4.8. Nas mesmas Tabelas constam a frequência e médias dos agrupamentos dos domicílios amostrados na Paraíba e Pernambuco respectivamente.

No presente estudo foi utilizada a metodologia de classificação da qualidade de uso de água de beber proveniente de cisternas domiciliares por taxonomia numérica para obtenção dos resultados descritos nas Tabelas 4.7 e 4.8.

A Análise de Agrupamento discriminada na Tabela 4.7 apresentou como resultado a agregação de dois (2) pontos amostrados num primeiro grupo, vinte e quatro (24) num segundo, treze (13) num terceiro e cento e quatro (104) num quarto grupo. Na Tabela 4.8 a frequência dos agrupamentos ocorreu em forma natural e diferenciada dos municípios do Estado da Paraíba, já que apresentou a agregação de dois (2) domicílios amostrados no primeiro grupo, cento e trinta e seis (136) no segundo, três (3) no terceiro e quatro (4) no quarto agrupamento.

**TABELA 4.7 - Frequência e médias dos agrupamentos dos pontos amostrados nos municípios do Estado da Paraíba.**

Grupo	Fre- quência	Média dos Grupos								
		Temperatura. (°C)	Turbidez (NTU)	pH	Sal (mS cm <sup>-1</sup> )	OD (mg L <sup>-1</sup> )	TDS (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Cloreto (mg L <sup>-1</sup> )	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )
1	2	25.08	0.25	8.00	0.86	8.22	0.33	0.72	42.85	3.36
2	24	24.91	0.96	8.14	0.23	6.63	0.31	0.26	15.60	0.66
3	13	24.76	12.77	8.21	0.13	7.03	0.20	1.14	3.98	0.68
4	104	25.03	1.05	8.40	0.10	7.35	0.12	0.86	3.10	0.87

**TABELA 4.8 - Frequência e médias dos agrupamentos dos pontos amostrados nos municípios do Estado de Pernambuco.**

Grupo	Frequência	Média dos Grupos								
		Temperatura	Turbidez	pH	Sal	OD	TDS	NH <sub>3</sub>	Cloreto	Nitrato
		(°C)	(NTU)		(mS cm <sup>-1</sup> )	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
1	2	23.12	10.80	8.11	0.20	7.18	0.26	0.13	58.01	1.13
2	136	22.84	2.82	8.50	0.06	7.15	0.08	0.26	1.55	0.64
3	3	23.20	0.68	8.21	0.23	8.75	0.31	0.14	84.44	1.65
4	4	23.11	0.28	8.22	0.16	7.21	0.21	0.37	24.20	0.99

As análises físico-químicas de qualidade de água para beber, provenientes de cisternas domiciliares pesquisadas na Paraíba, apresentaram como restrição, especificamente, a variável amônia, que ultrapassa o limite permitido para as águas de Classe 1, com média de 0,26 mg L<sup>-1</sup> no Grupo 2; 0,72 no Grupo 1; 0,86 no Grupo 4 e 1,14 mg L<sup>-1</sup> no Grupo 3, considerado na Análise de Agrupamento como o de maior risco de contaminação.

Na Tabela 4.7 encontra-se especificado o Grupo 1 que agrega dois domicílios amostrados. Nesses, a variável classificatória Amônia (NH<sub>3</sub>) com média de 0,72 mg L<sup>-1</sup> foi a responsável pela caracterização das águas de beber. Provavelmente, a presença desse composto, com valores superiores a zero para as águas de abastecimento doméstico, deve-se a problemas de infiltração nas cisternas ou sujeiras acumuladas, devido a longo período de uso sem lavagem, sem a eliminação das primeiras águas de chuva e/ou a permanência da porta de acesso aberta por muito tempo. Recomenda-se uma vistoria nas cisternas pertencentes aos dois domicílios pesquisados e, que compuseram este agrupamento. Este grupo em função da análise foi classificado em termos de qualidade de uso, como de risco Médio.

O Grupo 2 é o de menor média em relação a variável amônia. Esse tem em sua composição as variáveis temperatura, oxigênio dissolvido e nitrato como atributos que qualificaram as águas de vinte e quatro domicílios amostrados. Estas variáveis estão altamente correlacionadas, confirmando as interações e alto grau de dependência existentes nos processos físico-químicos que ocorreram nas águas analisadas. Apesar dos valores encontrados estarem abaixo dos teores máximos permitidos para a Classe 1 de água, estabelecidos pelo CONAMA, para consumo humano, a variável amônia (NH<sub>3</sub>) é restritiva. Mesmo assim, este grupo foi considerado o melhor classificado, dentre os quatros avaliados, recebendo a classificação de risco de contaminação Baixo. Salienta-se que as cores das médias dos agrupamentos são simbólicas, isto é, a cor azul de um determinado agrupamento, apenas significa que este, tem a sua qualidade de água diferenciada em relação aos demais.

O Grupo 3 representa treze domicílios amostrados, e tem as variáveis pH e amônia como indicadoras da qualidade de águas. Essas variáveis estão estreitamente relacionadas e são interdependentes, pois a variação do pH afeta o teor de amônia. Apesar dos valores encontrados para essas variáveis não serem alarmantes, pois na maioria dos locais amostrados essas variáveis enquadram-se nos limites estabelecidos pelo CONAMA, para as Classes 1. Por esse motivo recomenda-se cuidados específicos e vistoria imediata nas cisternas, pertencentes a estes domicílios. Este grupo foi classificado como de risco Elevado.

O Grupo 4, da Tabela 4.7, representa cento e quatro domicílios pesquisados e tem problemas similares ao Grupo 3, porém não tão significativos. São indispensáveis cuidados específicos e uma maior dedicação da equipe de Educação Ambiental, com vistas à capacitação da comunidade, já que o teor de amônia encontrado está, algumas vezes superior ao recomendado para a qualidade das águas de consumo humano. Este grupo foi classificado como de Risco Alto.

Grupo 1 - Similarmente, na Tabela 4.8, as variáveis classificatórias foram o teor de cloreto e a turbidez. A variável cloreto não ultrapassou o limite máximo permitido (Resolução CONAMA - 250 mg L<sup>-1</sup>) para as médias dos quatro agrupamentos descritos na Tabela 4.8. O teor médio de cloreto encontrado para o Grupo 1, que agrega dois domicílios amostrados, foi de 58,01 mg L<sup>-1</sup>. Verificou-se durante a pesquisa de campo, que a maioria das famílias adicionam cloro a água de consumo, sem nem um controle da dosagem recomendada e, também, abastecem as cisternas com água proveniente de poços tubulares, principalmente em localidades com recursos hídricos superficiais escassos. Por este motivo, recomenda-se um trabalho de Educação Ambiental específico, sobre cloração para todas as famílias da comunidade estudada. Enquanto a variável turbidez, apesar de se manter dentro do limite máximo permitido (40 unidades nefelométricas – NTU), no Grupo 1, apresentou valor altamente significativo em relação as médias dos demais agrupamentos. Por este motivo, o Grupo 1 foi classificado em termos de qualidade de uso, como de risco Elevado.

O Grupo 2 é o de menor média entre os agrupamentos em relação às variáveis cloreto (1,55 mg L<sup>-1</sup>) e nitrato (0,64 mg L<sup>-1</sup>), as quais possibilitaram qualificar as águas de consumo humano de cento e trinta e seis domicílios. Essas variáveis foram altamente correlacionadas, o que confirma as suas interações e o alto grau de dependência nos processos físico-químicos, que ocorreram nas águas analisadas das comunidades de Caruaru e Pesqueira, em Pernambuco. As amplitudes de variação de todos os parâmetros físico-químicos no Grupo 2, não ultrapassaram os limites potencialmente prejudiciais, segundo a Resolução CONAMA para consumo humano. Por essa razão, foi considerado o agrupamento médio melhor classificado, entre os quatro avaliados, recebendo a classificação de Baixo risco de contaminação.

O Grupo 3 representou três domicílios amostrados e teve o teor máximo de cloreto (84,44 mg L<sup>-1</sup>), entre os agrupamentos avaliados. Em função desse resultado o Grupo 3 foi classificado como de risco Alto.

O Grupo 4, na Tabela 4.8, representa quatro domicílios pesquisados e tem problemas similares ao grupo 1, porém não significativos em relação a turbidez. Este grupo foi classificado como de Risco Médio.

Nas Tabelas 4.9 e 4.10, encontram-se todos os domicílios amostrados, tanto no Estado da Paraíba como no Estado de Pernambuco, agrupados conforme os resultados da análise estatística, nos Grupos 1, 2, 3 e 4, identificando os locais onde foram mensuradas as variáveis estudadas para avaliação da qualidade das águas das cisternas domiciliares. Estão classificados e simbolizados, seguindo-se critérios similares aos comentados anteriormente: risco elevado, alto, médio e/ou baixo de contaminação, convencionados pelas cores vermelha, amarela, verde e azul, respectivamente. Os domicílios encontram-se georreferenciados no Banco de Dados, construído por meio do software CSPRO v. 3.3., para identificação e localização, bem como remessa dos resultados obtidos aos interessados para que sejam tomadas as medidas necessárias à preservação e conservação das águas das cisternas avaliadas nos dois Estados da Federação.

**TABELA 4.9 – Classificação dos 143 domicílios amostrados, georreferenciados, obtidos pela análise de agrupamentos, a partir da hierarquização das variáveis avaliadas em termos de significância, pelo método estatístico Stepwise, pertencentes aos municípios de São João do Cariri, Campina Grande e São José do Sabugi, do Estado da Paraíba.**

Grupos	Domicílios Amostrados	Identificação dos domicílios pesquisados (PB)						
1	2	PB0416	PB0724					
2	24	PB0101	PB0102	PB0130	PB0202	PB0303	PB0312	PB0316
		PB0501	PB0503	PB0512	PB0519	PB0523	PB0524	PB0527
		PB0402	PB0406	PB0407	PB0408	PB0409		
		PB0602	PB0705	PB0714	PB0801	PB0802		
3	13	PB0123	PB0213	PB0219	PB0505	PB0604	PB0715	PB0804
		PB0805	PB0807	PB0810	PB0813	PB0814	PB0816	
4	104	PB0104	PB0117	PB0118	PB0121	PB0124	PB0125	PB0126
		PB0127	PB0128	PB0129	PB0201	PB0203	PB0204	PB0206
		PB0207	PB0208	PB0209	PB0212	PB0214	PB0215	PB0216
		PB0217	PB0218	PB0220	PB0221	PB0222	PB0304	PB0305
		PB0307	PB0308	PB0309	PB0310	PB0311	PB0313	PB0314
		PB0315	PB0317	PB0401	PB0404	PB0410	PB0411	PB0412
		PB0413	PB0417	PB0418	PB0419	PB0422	PB0423	PB0424
		PB0425	PB0426	PB0427	PB0428	PB0502	PB0506	PB0507
		PB0509	PB0510	PB0513	PB0514	PB0515	PB0516	PB0517
		PB0517	PB0518	PB0521	PB0522	PB0525	PB0526	PB0528
		PB0529	PB0605	PB0606	PB0607	PB0608	PB0610	PB0612
		PB0614	PB0615	PB0616	PB0707	PB0708	PB0709	PB0710
		PB0711	PB0712	PB0713	PB0716	PB0717	PB0718	PB0719
		PB0720	PB0721	PB0722	PB0723	PB0725	PB0726	PB0727
		PB0803	PB0808	PB0809	PB0811	PB0812	PB0815	PB0817



**TABELA 4.10 – Classificação dos 145 domicílios amostrados, georreferenciados, obtidos pela análise de agrupamentos, a partir da hierarquização das variáveis avaliadas em termos de significância, pelo método estatístico Stepwise, pertencentes aos municípios Caruaru e Pesqueira do Estado de Pernambuco.**

Grupos	Domicílios Amostrados	Identificação dos domicílios pesquisados (PE)												
1	2	PE0405	PE0702											
2	136	PE0101	PE0102	PE0103	PE0104	PE0105	PE0106	PE0107	PE0108	PE0109	PE0110			
		PE0111	PE0112	PE0113	PE0114	PE0115	PE0201	PE0202	PE0206	PE0207	PE0208			
		PE0209	PE0210	PE0211	PE0212	PE0213	PE0214	PE0215	PE0216	PE0217	PE0218			
		PE0301	PE0302	PE0303	PE0304	PE0306	PE0307	PE0308	PE0309	PE0310	PE0311			
		PE0312	PE0313	PE0314	PE0317	PE0318	PE0319	PE0402	PE0403	PE0406	PE0407			
		PE0408	PE0409	PE0410	PE0411	PE0412	PE0413	PE0415	PE0416	PE0417	PE0501			
		PE0502	PE0505	PE0507	PE0509	PE0510	PE0511	PE0512	PE0513	PE0514	PE0515			
		PE0516	PE0602	PE0603	PE0607	PE0609	PE0610	PE0611	PE0612	PE0613	PE0614			
		PE0615	PE0618	PE0619	PE0701	PE0703	PE0704	PE0705	PE0706	PE0707	PE0709			
		PE0710	PE0711	PE0712	PE0713	PE0714	PE0715	PE0716	PE0717	PE0718	PE0719			
		PE0720	PE0721	PE0722	PE0725	PE0726	PE0727	PE0802	PE0803	PE0806	PE0807			
		PE0808	PE0809	PE0811	PE0812	PE0813	PE0814	PE0901	PE0902	PE0903	PE0905			
		PE0906	PE0907	PE0908	PE0909	PE0910	PE0911	PE0912	PE0913	PE1001	PE1002			
		PE1003	PE1004	PE1005	PE1006	PE1007	PE1008							
3	3	PE0503	PE0504	PE0804										
4	4	PE0506	PE0601	PE0708	PE0801									

## Capítulo 5

# Índice de Qualidade de Uso da Água de Beber em Cisternas Domiciliares (IUA-CD)

Aderaldo de Souza Silva

Luiza Teixeira de Lima Brito

Célia Maria Maganhotto de Souza Silva

Beatriz Suzana Ovruski de Ceballos

A água para uso domiciliar avaliada no Projeto Cisternas da ATECEL-FINEP-UFCG, em parceria com a Embrapa Semi-Árido, destinava-se ao consumo humano imediato, já que as amostras foram provenientes de recipientes (filtros de barro, jarras, potes, quartinhas, etc.) usados pelas famílias em seus domicílios para armazenar as águas vindas das cisternas. Salienta-se que, praticamente, na totalidade dos casos, a cloração era feita nesses recipientes, razão pela qual os teores de cloro foram díspares.

Dada a necessidade do volume de informações exigido na construção de indicadores de sustentabilidade do uso da água, desenvolvida pela Embrapa (ISA\_ÁGUA, Silva et al., 2005), a equipe da Embrapa Semi-Árido, responsável pelo presente estudo, optou por construir, o Índice de Qualidade Físico-Química de Uso da Água de Cisternas Domiciliares (IUA-CD). O IUA-CD cumpre a função de aperfeiçoar o monitoramento da água em cisternas a curto e médio prazos.

Na construção do IUA-CD, foram utilizadas informações referentes às variáveis de qualidade das águas de consumo humano obtidas por meio de Sonda Multiparâmetros (dados nos Anexos). Nas Tabelas 5.1 e 5.2 encontram-se relacionados os domicílios e, seus respectivos agrupamentos, escore e IUA-CD, obtidos para os 143 domicílios de municípios paraibanos e 145 domicílios pernambucanos, respectivamente.

Na construção dos indicadores também, se convencionou o uso das cores azul, verde, amarelo e vermelha com a finalidade de simbolizar o risco de contaminação das águas em baixo, médio, alto e elevado.

A análise de componentes principais pelo método fatorial, Varimax rotacionado, das características físico-químicas das águas de consumo humano estudadas, permitiu identificar quatro novos indicadores, para cada conjunto de municípios pesquisados, na Paraíba (Tabela 5.1) e em Pernambuco (Tabela 5.2), os quais são discriminados a seguir:

**Indicador 1:** ALCALINIDADE – O indicador 1, encontrado na Tabela 5.1, foi interpretado como um fator de alcalinidade, em função do pH, associado a amônia, com maior significância entre as demais variáveis, dentre as médias dos quatro agrupamentos encontrados. Esteve presente em vinte e quatro (24) domicílios pesquisados, representando 16,78%, sendo considerado na análise como o grupo de domicílios com o menor risco de contaminação (Baixo) da água de consumo humano, cuja amplitude do IUA-CD variou 0,00004 e 0,00098 para um escore de 0,004% a 0,098%, sendo-lhe atribuído a cor “azul”, no Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares

**Indicador 2:** SALINIDADE – Para este indicador foram relacionadas três variáveis: o teor de sal, sólido totais dissolvidos e cloretos. Ele foi representado por apenas 1,4% dos domicílios e foi classificado com um IUA-CD entre 0,00106 e 0,00115 para um escore que variou entre 0,106% e 0,115%. Este indicador permitiu convencionar o Grupo 2 com a cor “verde”, no Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares, isto é, com risco de contaminação da água de beber, considerado Médio.

**Indicador 3:** SAÚDE DA ÁGUA – Foi interpretado como um fator responsável pela saúde da água da cisterna, devido a presença da variável Oxigênio Dissolvido. Este se caracterizou por apresentar a média dos agrupamentos dos pontos amostrados mais elevada para o pH. Este indicador representou 72,7% de todos os domicílios pesquisados na Paraíba e, foi classificado com um IUA-CD entre 0,00127 e 0,01392 para um escore que variou entre 0,127% e 1,379%, tendo sido interpretado como de Alto risco de contaminação de água

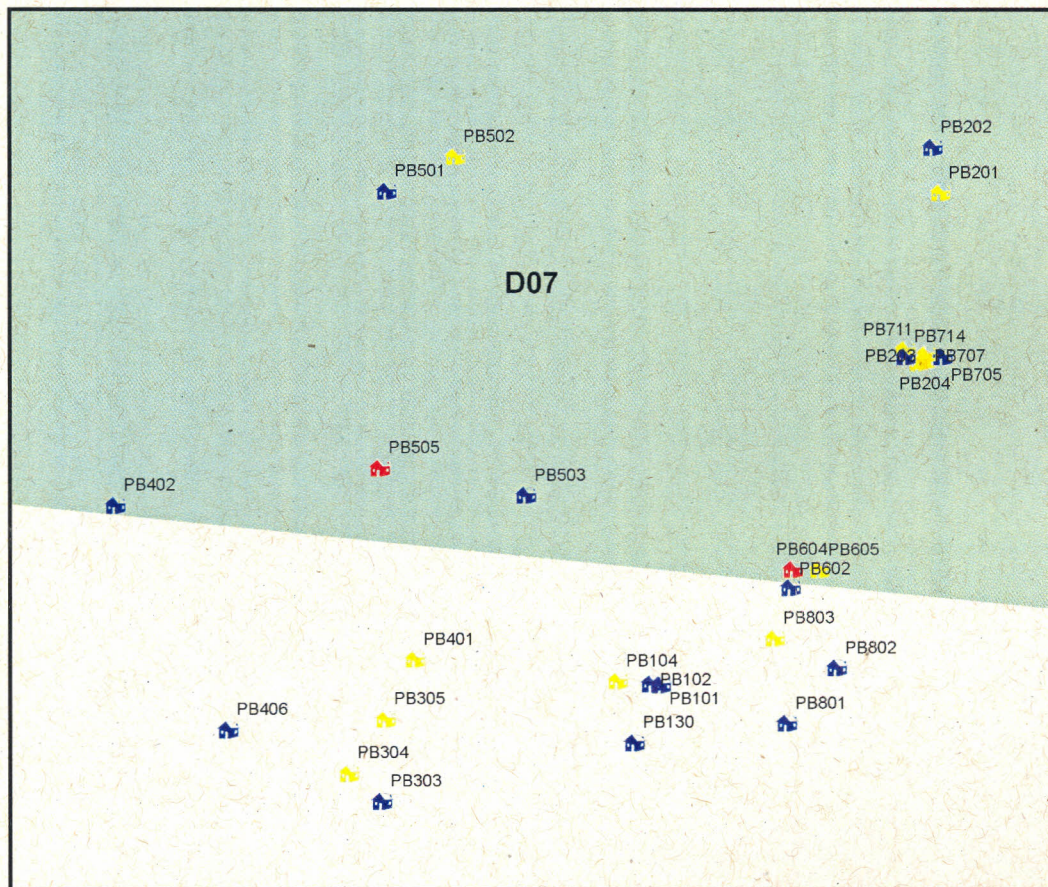
utilizada para consumo humano e lhe foi atribuída a cor “amarela” no Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares.

O **Indicador 4: TRANSPARÊNCIA** – Este indicador interpretou-se como o parâmetro de qualidade de água que se refere à transparência da mesma. A água da cisterna por ser, teoricamente, proveniente da chuva deveria ser inodora e incolor. Todavia, como as famílias também abastecem as cisternas com água provenientes de outras fontes, ou não realizam a eliminação das primeiras águas de chuvas, detectou-se água para consumo humano com diferentes concentrações de sólidos suspensos. O indicador 4 representou 9,1% da qualidade das águas pesquisadas no âmbito dos domicílios rurais dos municípios paraibanos. Este foi classificado com um IUA-CD entre 0,01408 e 0,01605 para um escore de 1,408% e 1,605%, considerado como de risco Elevado de contaminação e lhe foi atribuída a cor “vermelha” no Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares.

Nas Figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 encontram-se os Mapas do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) dos municípios pesquisados no Estado da Paraíba, com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, salinidade, saúde da água e turbidez, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

## MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS DOMICILIARES DO ESTADO DA PARAÍBA

### MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE



**LEGENDA**

- SEDE MUNICIPAL
- VILA
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL
- D07
- CLASSE
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

ESCALA 1:25000  
0 0.25 0.5 1 km

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
DÁTUM SAD-69

FONTE:  
MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

EQUIPE TÉCNICA:  
Aderaldo de Souza Silva  
Lúcio Alberto Pereira  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Paulo Pereira da Silva Filho

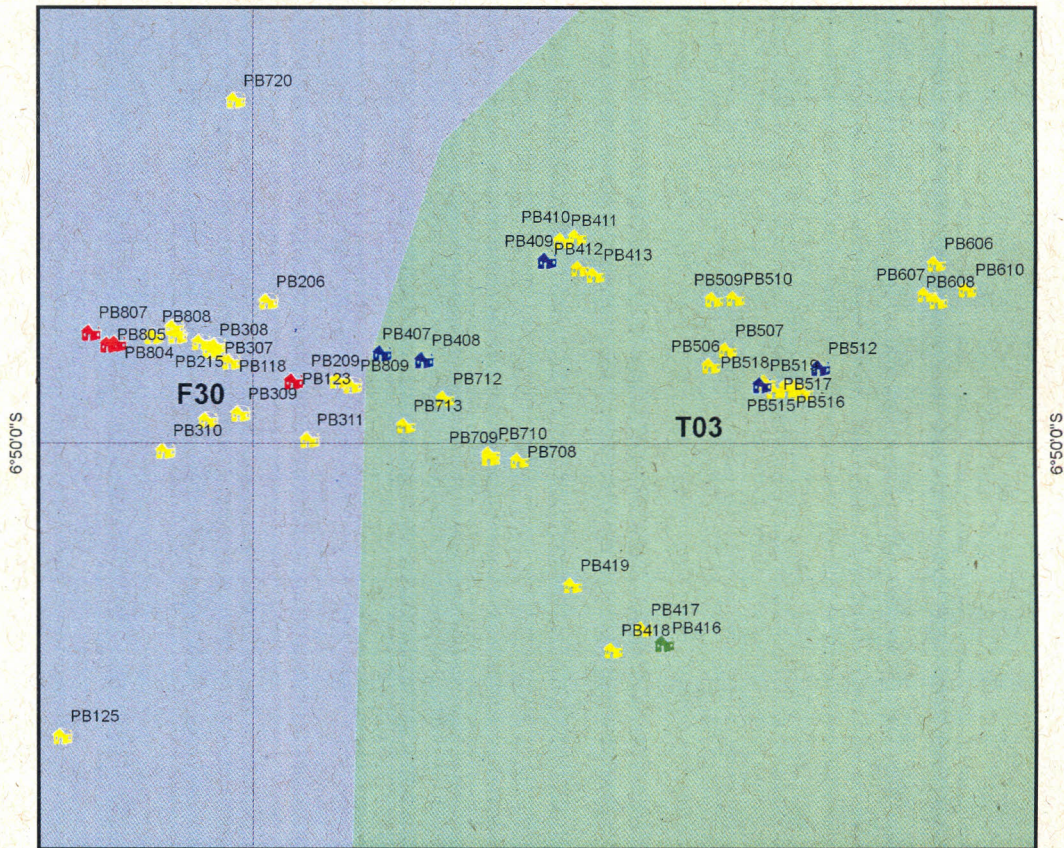


Figura 5.1. Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de Campina Grande-PB, com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, salinidade, saúde da água e transparência, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

## MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS DOMICILIARES DO ESTADO DA PARAÍBA

MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO SABUGI (COMUNIDADE 1)

36°50'0"W



### LEGENDA

- SEDE MUNICIPAL
- VILA
- LIMITE\_INTERMUNICIPAL
- RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL**
- F30
- T03
- IUA-paraíba**
- CLASSE**
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

ESCALA 1:43000  
0 0.5 1 2 km

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
DATUM SAD-69

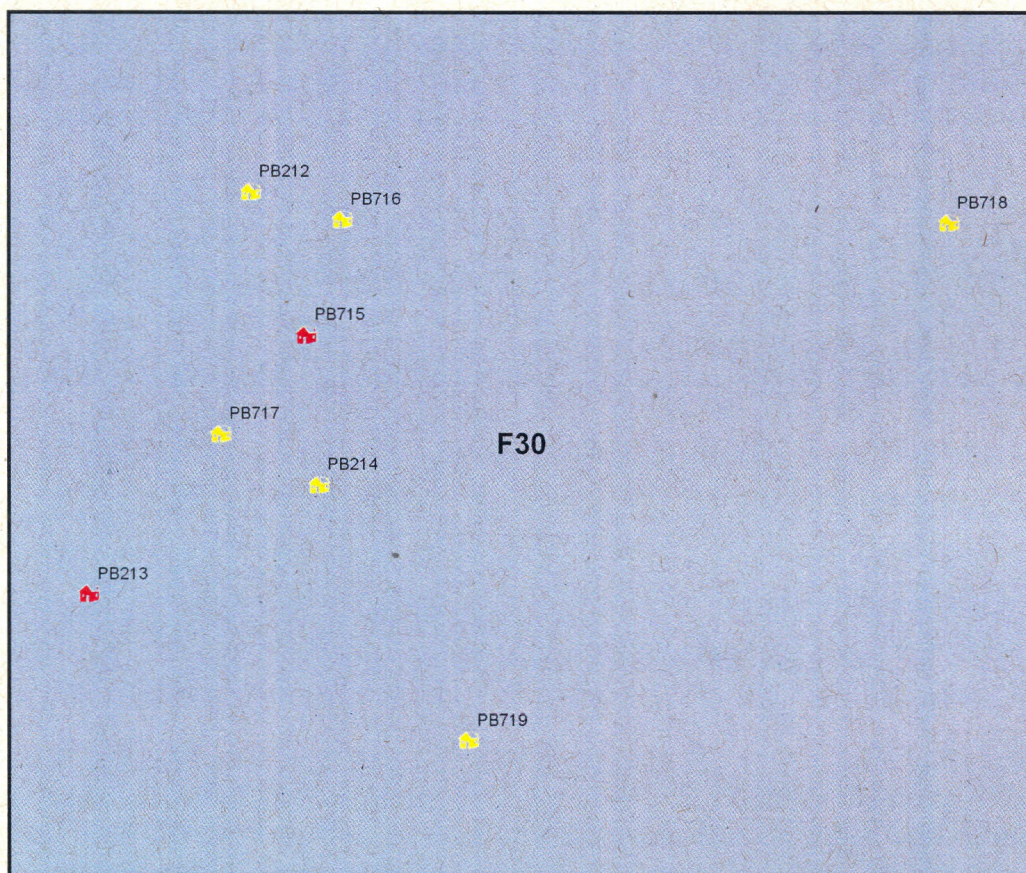
FONTE:  
MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

EQUIPE TÉCNICA:  
Aderaldo de Souza Silva  
Lúcio Alberto Pereira  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Paulo Pereira da Silva Filho



Figura 5.2. Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de São José do Sabugi-PB (Comunidade 1), com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, salinidade, saúde da água e transparência, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

**MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS  
 DOMICILIARES DO ESTADO DA PARAÍBA  
 MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO SABUGI (COMUNIDADE 2)**



**LEGENDA**

- SEDE MUNICIPAL
- VILA
- LIMITE\_INTERMUNICIPAL
- RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL
- F30
- IUA-paraiba
- CLASSE
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

ESCALA 1:10000  
 0 0.125 0.25 0.5 km

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
 DATUM SAD-69

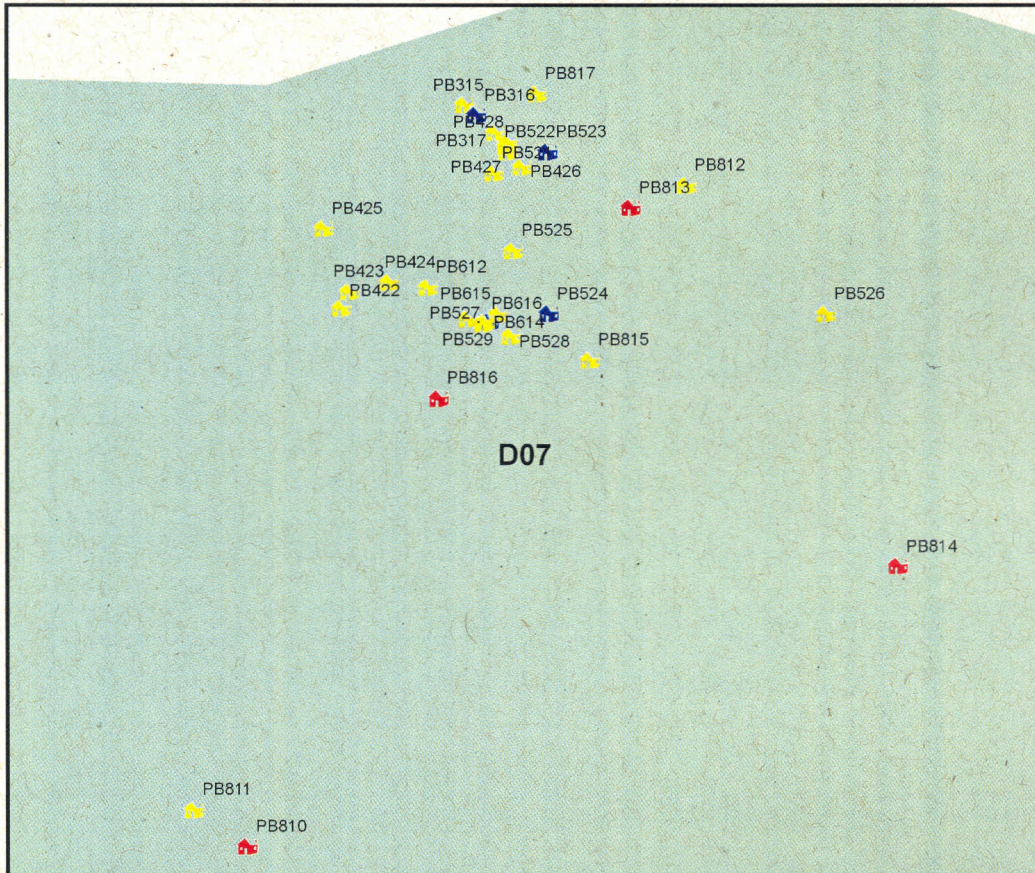
FONTE:  
 MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
 BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
 ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

**EQUIPE TÉCNICA:**  
 Aderaldo de Souza Silva  
 Lúcio Alberto Pereira  
 Luiza Teixeira de Lima Brito  
 Paulo Pereira da Silva Filho



Figura 5.3. Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de São José do Sabugi-PB (Comunidade 2), com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, salinidade, Nutrientes e transparência, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS  
DOMICILIARES DO ESTADO DA PARAÍBA  
MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARIRI (COMUNIDADE 1)



LEGENDA

- SEDE MUNICIPAL
- VILA
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL
- D07
- IUA-paraíba
- CLASSE
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

ESCALA 1:17000  
0 0.2 0.4 0.8 km

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
DATUM SAD-69

FONTE:  
MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

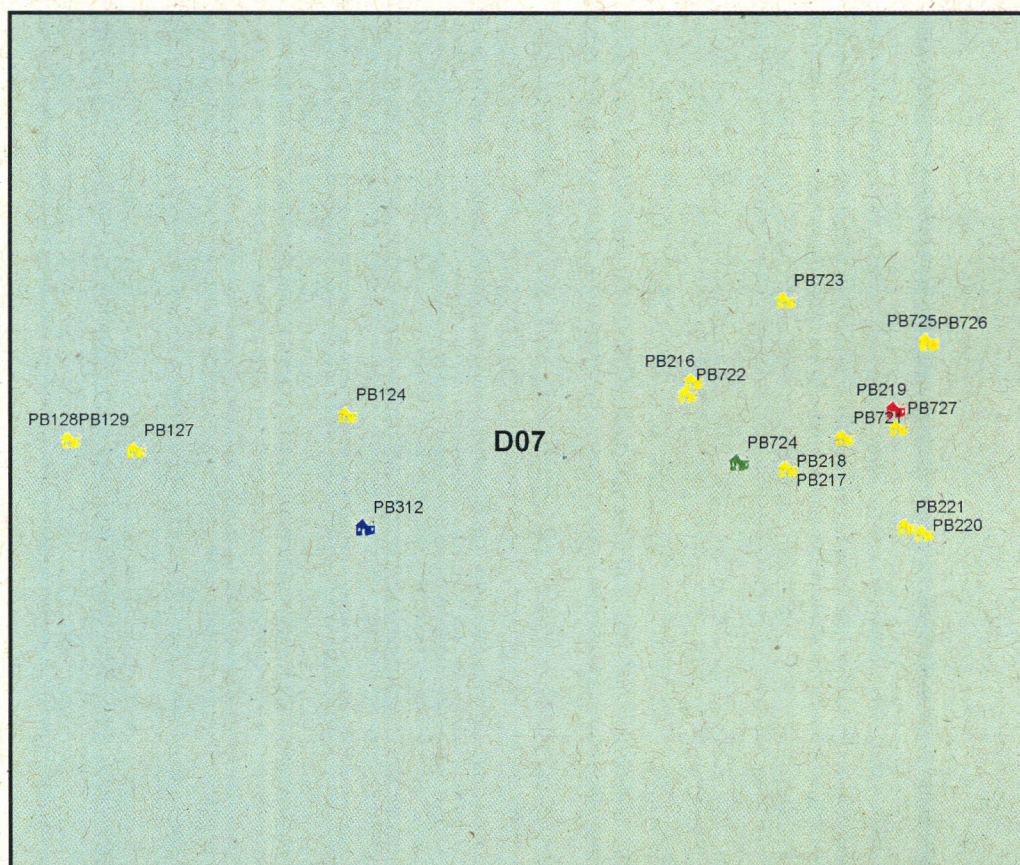
EQUIPE TÉCNICA:  
Aderaldo de Souza Silva  
Lúcio Alberto Pereira  
Luíza Teixeira de Lima Brito  
Paulo Pereira da Silva Filho



Figura 5.4. Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de São João do Cariri-PB (Comunidade 1), com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, salinidade, saúde da água e transparência, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.



**MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS  
DOMICILIARES DO ESTADO DA PARAÍBA  
MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARIRI (COMUNIDADE 2)**



**LEGENDA**

- SEDE MUNICIPAL
- VILA
- LIMITE\_INTERMUNICIPAL
- RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL
- D07
- IUA-paraíba
- CLASSE
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

ESCALA 1:42000



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
DATUM SAD-69

FONTE:  
MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

EQUIPE TÉCNICA:  
Aderaldo de Souza Silva  
Lúcio Alberto Pereira  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Paulo Pereira da Silva Filho

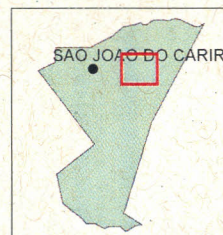


Figura 5.5. Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de São João do Cariri-PB (Comunidade 2), com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, salinidade, saúde da água e transparência, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

**Tabela 5.1. Índice de qualidade de uso de água em cisternas domiciliares (IUA\_CD) - Domicílios de São João do Cariri, Campina Grande e São José do Sabugi no Estado da Paraíba.**

Domicílio	Cluster	Escore	IUA	Domicílio	Cluster	Escore	IUA
PB101	2	0.004	0.00004	PB422	4	0.692	0.00692
PB102	2	0.008	0.00008	PB423	4	0.704	0.00704
PB130	2	0.012	0.00012	PB424	4	0.716	0.00716
PB202	2	0.016	0.00016	PB425	4	0.729	0.00729
PB303	2	0.020	0.00020	PB426	4	0.741	0.00741
PB312	2	0.025	0.00025	PB427	4	0.753	0.00753
PB316	2	0.029	0.00029	PB428	4	0.765	0.00765
PB402	2	0.033	0.00033	PB502	4	0.778	0.00778
PB406	2	0.037	0.00037	PB506	4	0.790	0.00790
PB407	2	0.041	0.00041	PB507	4	0.802	0.00802
PB408	2	0.045	0.00045	PB509	4	0.815	0.00815
PB409	2	0.049	0.00049	PB510	4	0.827	0.00827
PB501	2	0.053	0.00053	PB513	4	0.839	0.00839
PB503	2	0.057	0.00057	PB514	4	0.851	0.00851
PB512	2	0.061	0.00061	PB515	4	0.864	0.00864
PB519	2	0.065	0.00065	PB516	4	0.876	0.00876
PB523	2	0.070	0.00070	PB517	4	0.888	0.00888
PB524	2	0.074	0.00074	PB518	4	0.901	0.00901
PB527	2	0.078	0.00078	PB521	4	0.913	0.00913
PB602	2	0.082	0.00082	PB522	4	0.925	0.00925
PB705	2	0.086	0.00086	PB525	4	0.937	0.00937
PB714	2	0.090	0.00090	PB526	4	0.950	0.00950
PB801	2	0.094	0.00094	PB528	4	0.962	0.00962
PB802	2	0.098	0.00098	PB529	4	0.974	0.00974
PB416	1	0.106	0.00106	PB605	4	0.986	0.00986
PB724	1	0.115	0.00115	PB606	4	0.999	0.00999
PB104	4	0.127	0.00127	PB607	4	1.011	0.01011
PB117	4	0.139	0.00139	PB608	4	1.023	0.01023
PB118	4	0.151	0.00151	PB610	4	1.036	0.01036
PB121	4	0.164	0.00164	PB612	4	1.048	0.01048
PB124	4	0.176	0.00176	PB614	4	1.060	0.01060
PB125	4	0.188	0.00188	PB615	4	1.072	0.01072
PB126	4	0.201	0.00201	PB616	4	1.085	0.01085
PB127	4	0.213	0.00213	PB707	4	1.097	0.01097
PB128	4	0.225	0.00225	PB708	4	1.109	0.01109
PB129	4	0.237	0.00237	PB709	4	1.122	0.01122
PB201	4	0.250	0.00250	PB710	4	1.134	0.01134
PB203	4	0.262	0.00262	PB711	4	1.146	0.01146
PB204	4	0.274	0.00274	PB712	4	1.158	0.01158
PB206	4	0.287	0.00287	PB713	4	1.171	0.01171
PB207	4	0.299	0.00299	PB716	4	1.183	0.01183
PB208	4	0.311	0.00311	PB717	4	1.195	0.01195
PB209	4	0.323	0.00323	PB718	4	1.208	0.01208
PB212	4	0.336	0.00336	PB719	4	1.220	0.01220
PB214	4	0.348	0.00348	PB720	4	1.232	0.01232
PB215	4	0.360	0.00360	PB721	4	1.244	0.01244
PB216	4	0.372	0.00372	PB722	4	1.257	0.01257

PB217	4	0.385	0.00385	PB723	4	1.269	0.01269
PB218	4	0.397	0.00397	PB725	4	1.281	0.01281
PB220	4	0.409	0.00409	PB726	4	1.293	0.01293
PB221	4	0.422	0.00422	PB727	4	1.306	0.01306
PB222	4	0.434	0.00434	PB803	4	1.318	0.01318
PB304	4	0.446	0.00446	PB808	4	1.330	0.01330
PB305	4	0.458	0.00458	PB809	4	1.343	0.01343
PB307	4	0.471	0.00471	PB811	4	1.355	0.01355
PB308	4	0.483	0.00483	PB812	4	1.367	0.01367
PB309	4	0.495	0.00495	PB815	4	1.379	0.01379
PB310	4	0.508	0.00508	PB817	4	1.392	0.01392
PB311	4	0.520	0.00520	PB123	3	1.408	0.01408
PB313	4	0.532	0.00532	PB213	3	1.424	0.01424
PB314	4	0.544	0.00544	PB219	3	1.441	0.01441
PB315	4	0.557	0.00557	PB505	3	1.457	0.01457
PB317	4	0.569	0.00569	PB604	3	1.474	0.01474
PB401	4	0.581	0.00581	PB715	3	1.490	0.01490
PB404	4	0.594	0.00594	PB804	3	1.506	0.01506
PB410	4	0.606	0.00606	PB805	3	1.523	0.01523
PB411	4	0.618	0.00618	PB807	3	1.539	0.01539
PB412	4	0.630	0.00630	PB810	3	1.555	0.01555
PB413	4	0.643	0.00643	PB813	3	1.572	0.01572
PB417	4	0.655	0.00655	PB814	3	1.588	0.01588
PB418	4	0.667	0.00667	PB816	3	1.605	0.01605
PB419	4	0.679	0.00679	PB816	3	1.605	0.01605
PB422	4	0.692	0.00692	PB814	3	1.588	0.01588
				PB816	3	1.605	0.01605

**Indicador 1:** ALCALINIDADE – O indicador 1, encontrado na Tabela 12 para os municípios do estado de Pernambuco, foi interpretado como um fator de alcalinidade, em função do teor de sais dissolvidos (0,06 ppt) com valor mais baixo, dentre as médias dos quatro agrupamentos encontrados. Esteve presente em cento e trinta e seis (136) domicílios pesquisados, representando 93,79%, sendo considerado na análise como o grupo de domicílios com o menor risco de contaminação (Baixo) da água de consumo humano, cuja amplitude do IUA-CD variou 0,00009 e 0,01277 para um escore de 0,009% a 1,277%, sendo-lhe atribuído a cor “azul”, no Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares.

**Indicador 2:** TRANSPARÊNCIA – Para este indicador foram relacionadas duas variáveis: Turbidez e Oxigênio Dissolvido. Este indicador está representado por apenas 2,76% dos domicílios Pernambucanos pesquisados e foi classificado com um IUA-CD entre 0,01296 e 0,01352 para um escore que variou entre 1,296% e 1,3525%. Este indicador apresentou o mais baixo valor para a variável Turbidez e Oxigênio Dissolvido, possibilitando convencioná-lo com a cor “verde”, no Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares, ou seja, com risco de contaminação da água de beber, considerado Médio.

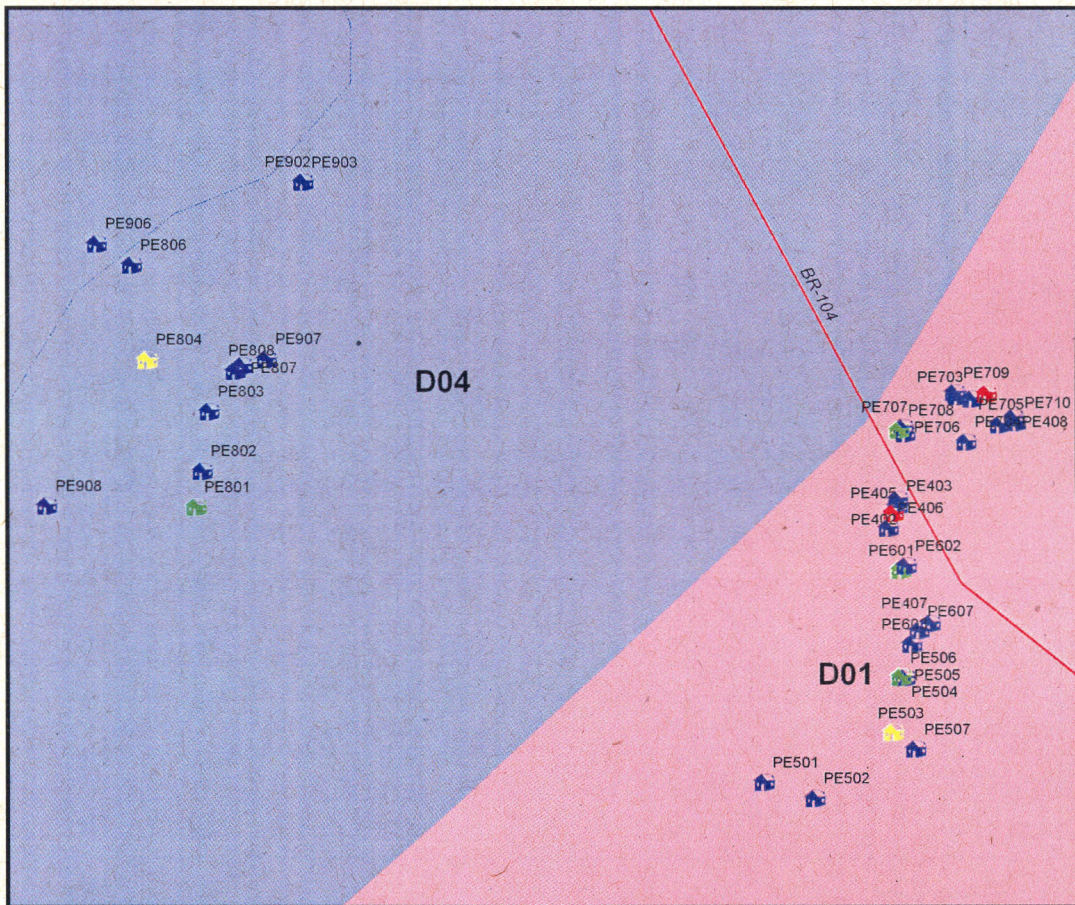
**Indicador 3:** NUTRIENTES – Este indicador foi caracterizado por apresentar o maior valor para a variável Nitrato (1,65 mg/l), entre as médias dos quatro agrupamentos obtidos em forma natural. Este indicador representou 2,07% de todos os domicílios pesquisados em Pernambuco e, foi classificado com um IUA-CD entre 0,01381 e 0,01437 para um escore que variou entre 1,381% e 1,437%, tendo sido interpretado como de Alto risco de contaminação

de água utilizada para consumo humano e lhe foi atribuída a cor “amarela” no Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares.

O **Indicador 4: SALINIDADE** – Predominaram na caracterização deste indicador as variáveis Sal, Sólidos Totais Dissolvidos e Cloretos, tendo sido interpretado como o parâmetro de qualidade de água que se refere à sua salinidade. Este indicador apresentou alto teores de sais dissolvidos na água (0,20 mg/l e elevada Turbidez (10,80 NTU), altamente significativa em relação as demais médias dos quatro agrupamentos. Os 2,76% dos domicílios pesquisados nos municípios do Estado de Pernambuco, seguramente complementam as cisternas com água provenientes de fontes salinizadas. Este indicador foi classificado com um IUA-CD entre 0,01474 e 0,01512 para um escore de 1,474% e 1,512%, considerado como de risco Elevado de contaminação e lhe foi atribuída a cor “vermelha” no Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares.

Nas Figuras 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9 encontram-se os Mapas do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) dos municípios pesquisados no Estado de Pernambuco, com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, transparência, nutrientes e salinidade, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

**MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS DOMICILIARES DO ESTADO DE PERNAMBUCO  
 MUNICÍPIO DE CARUARU (COMUNIDADE 1)**



**LEGENDA**

- SEDE MUNICIPAL
- VILA
- LIMITE\_INTERMUNICIPAL
- RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL**
- D01
- D04
- CLASSE**
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

ESCALA 1:26000  
 0 0.3 0.6 1.2 km

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
 DATUM SAD-69

FONTE:  
 MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
 BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
 ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

**EQUIPE TÉCNICA:**  
 Aderaldo de Souza Silva  
 Lúcio Alberto Pereira  
 Luiza Teixeira de Lima Brito  
 Paulo Pereira da Silva Filho

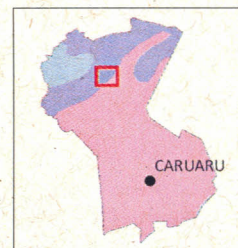
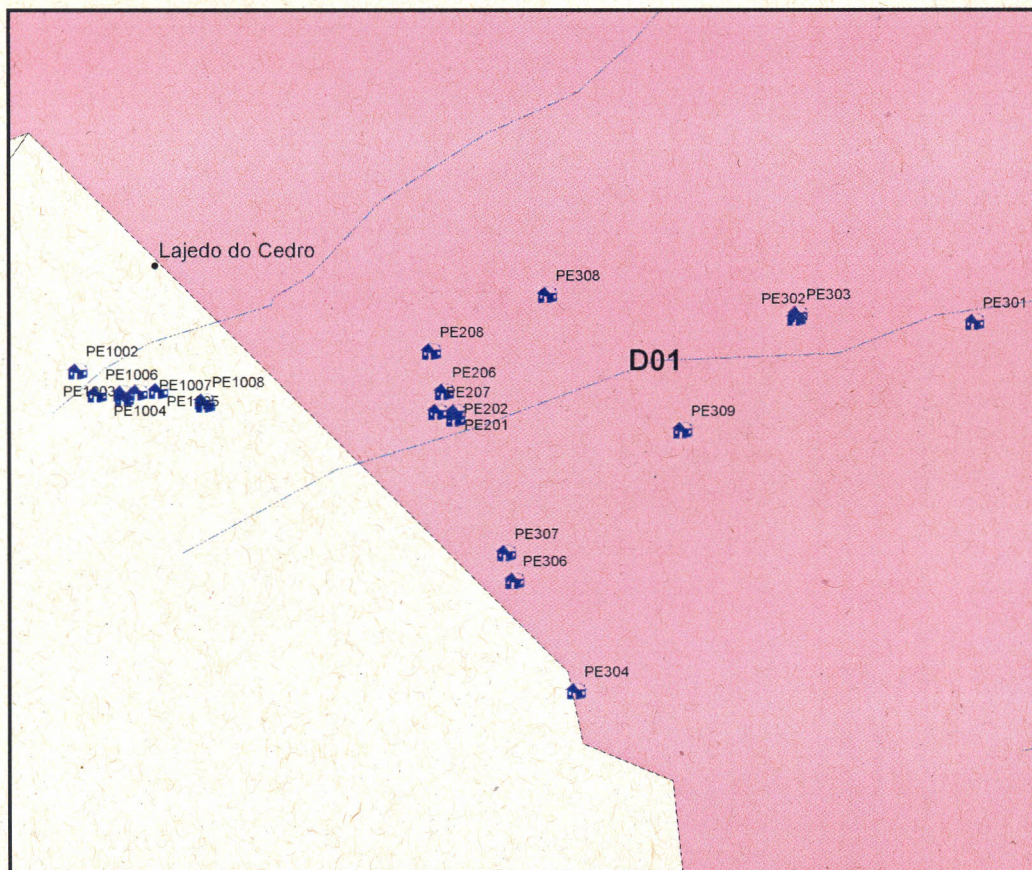


Figura 5.6. Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de Caruaru-PE (Comunidade 1), com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, transparência, nutrientes e salinidade, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS  
DOMICILIARES DO ESTADO DE PERNAMBUCO  
MUNICÍPIO DE CARUARU (COMUNIDADE 2)



LEGENDA

- SEDE MUNICIPAL
- VILA
- LIMITE\_INTERMUNICIPAL
- RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL
- D01
- IUA-pernambuco
- CLASSE
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

ESCALA 1:50000  
0 0.5 1 2 km

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
DATUM SAD-69

FONTE:  
MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

EQUIPE TÉCNICA:  
Aderaldo de Souza Silva  
Lúcio Alberto Pereira  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Paulo Pereira da Silva Filho

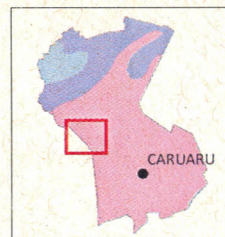


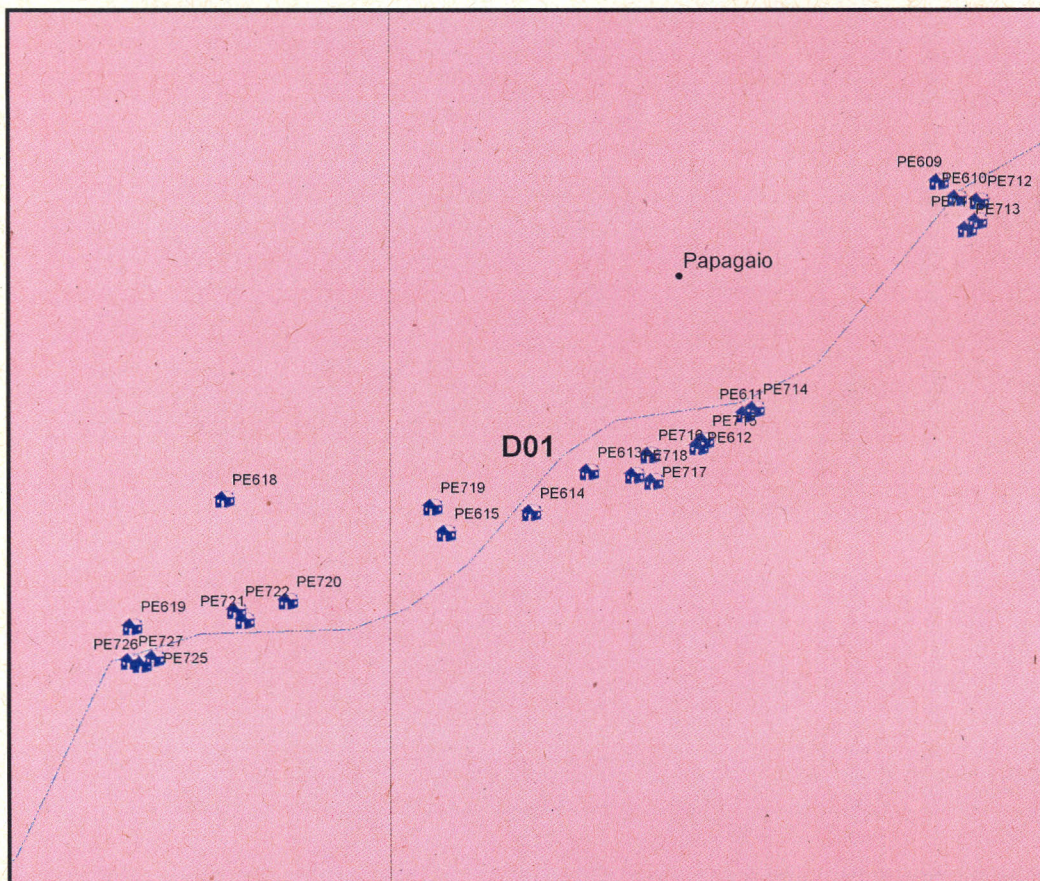
Figura 5.7. Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de Caruaru-PE (Comunidade 2), com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, transparência, nutrientes e salinidade, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

PROJETO CISTERNAS (REF: 4837/60)

MCT/CT - HIDRO/FINEP - UFCC - UFPE - UEP - UFRPE - EMBRAPA SEMI-ÁRIDO

## MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS DOMICILIARES DO ESTADO DE PERNAMBUCO MUNICÍPIO DE PESQUEIRA (COMUNIDADE PAPAGAIO)

36°40'0"W

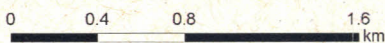


**LEGENDA**

- SEDE MUNICIPAL
- VILA
- - - LIMITE\_INTERMUNICIPAL
- - - RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL
- D01
- IUA-pernambuco
- CLASSE
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

36°40'0"W

ESCALA 1:28000



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
DATUM SAD-69

FONTE:  
MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

EQUIPE TÉCNICA:  
Aderaldo de Souza Silva  
Lúcio Alberto Pereira  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Paulo Pereira da Silva Filho

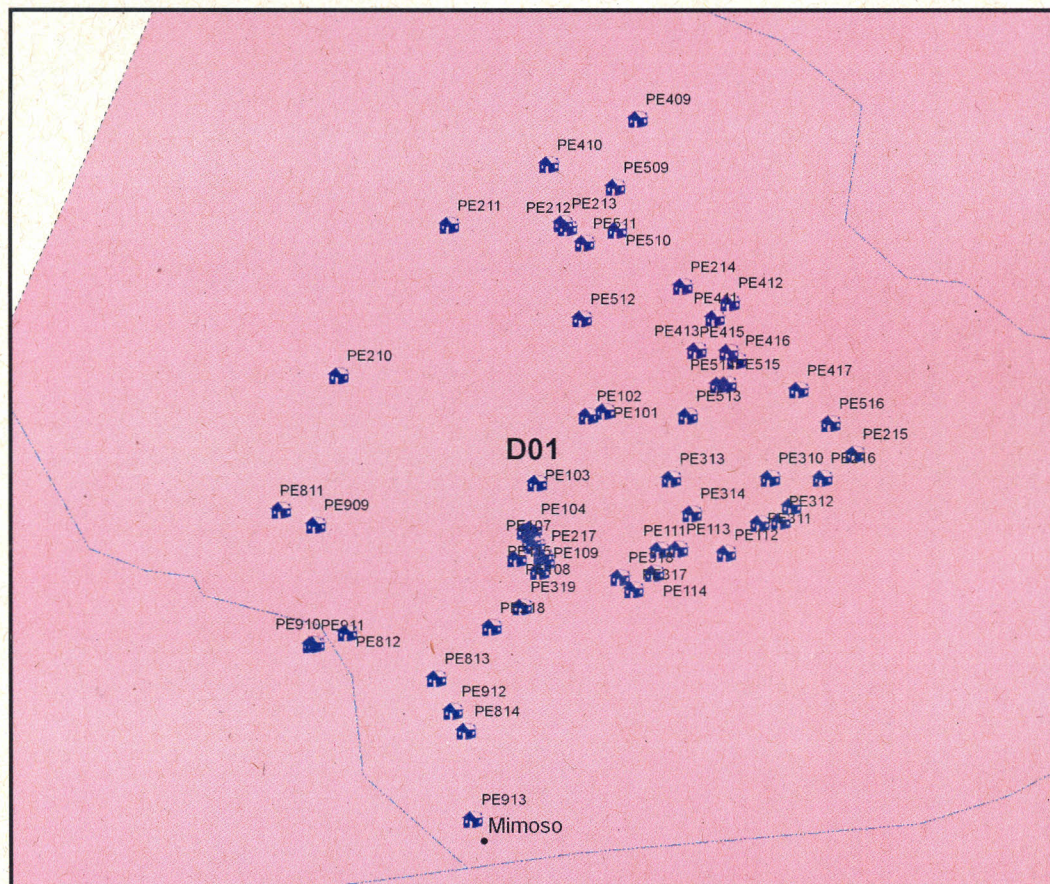


Figura 5.8. Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de Pesqueira-PE (Comunidade de Papagaio), com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, transparência, nutrientes e salinidade, georeferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

**PROJETO CISTERNAS (REF: 4837/60)**

MCT/CT - HIDRO/FINEP - UFCG - UFPE - UEP - UFRPE - EMBRAPA SEMI-ÁRIDO

**MAPA ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DE ÁGUA EM CISTERNAS  
DOMICILIARES DO ESTADO DE PERNAMBUCO  
MUNICÍPIO DE PESQUEIRA (COMUNIDADE MIMOSO)**



**LEGENDA**

- VILA
- - - LIMITE\_INTERMUNICIPAL
- - - RIO INTERMITENTE
- RODOVIA PAVIMENTADA
- UNIDADE GEOAMBIENTAL
- D01
- IUA-pernambuco
- CLASSE
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- ELEVADO

ESCALA 1:47000  
0 0.5 1 2 km

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
DATUM SAD-69

FONTE:  
MALHA MUNICIPAL IBGE, 2001  
BASE BRASIL AO MILIONÉSIMO IBGE, 2002  
ZANE DIGITAL EMBRAPA, 2000

EQUIPE TÉCNICA:  
Aderaldo de Souza Silva  
Lúcio Alberto Pereira  
Luíza Teixeira de Lima Brito  
Paulo Pereira da Silva Filho



**Figura 5.9.** Mapa do Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD) do município de Pesqueira-PE (Comunidade de Mimoso), com a geoespacialização dos indicadores: Alcalinidade, transparência, nutrientes e salinidade, georreferenciados por domicílios amostrados e representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente.



**Tabela 5.2. Índice de qualidade de uso de água em cisternas domiciliares (IUA\_CD) - Domicílios de Caruaru e Pesqueira no Estado de Pernambuco.**

Domicílio	Cluster	Escore	IUA	Domicílio	Cluster	Escore	IUA
PE101	2	0.009	0.00009	PE609	2	0.704	0.00704
PE102	2	0.019	0.00019	PE610	2	0.714	0.00714
PE103	2	0.028	0.00028	PE611	2	0.723	0.00723
PE104	2	0.038	0.00038	PE612	2	0.733	0.00733
PE105	2	0.047	0.00047	PE613	2	0.742	0.00742
PE106	2	0.056	0.00056	PE614	2	0.751	0.00751
PE107	2	0.066	0.00066	PE615	2	0.761	0.00761
PE108	2	0.075	0.00075	PE618	2	0.770	0.00770
PE109	2	0.085	0.00085	PE619	2	0.779	0.00779
PE110	2	0.094	0.00094	PE701	2	0.789	0.00789
PE111	2	0.103	0.00103	PE703	2	0.798	0.00798
PE112	2	0.113	0.00113	PE704	2	0.808	0.00808
PE113	2	0.122	0.00122	PE705	2	0.817	0.00817
PE114	2	0.131	0.00131	PE706	2	0.826	0.00826
PE115	2	0.141	0.00141	PE707	2	0.836	0.00836
PE201	2	0.150	0.00150	PE709	2	0.845	0.00845
PE202	2	0.160	0.00160	PE710	2	0.855	0.00855
PE206	2	0.169	0.00169	PE711	2	0.864	0.00864
PE207	2	0.178	0.00178	PE712	2	0.873	0.00873
PE208	2	0.188	0.00188	PE713	2	0.883	0.00883
PE209	2	0.197	0.00197	PE714	2	0.892	0.00892
PE210	2	0.207	0.00207	PE715	2	0.902	0.00902
PE211	2	0.216	0.00216	PE716	2	0.911	0.00911
PE212	2	0.225	0.00225	PE717	2	0.920	0.00920
PE213	2	0.235	0.00235	PE718	2	0.930	0.00930
PE214	2	0.244	0.00244	PE719	2	0.939	0.00939
PE215	2	0.254	0.00254	PE720	2	0.949	0.00949
PE216	2	0.263	0.00263	PE721	2	0.958	0.00958
PE217	2	0.272	0.00272	PE722	2	0.967	0.00967
PE218	2	0.282	0.00282	PE725	2	0.977	0.00977
PE301	2	0.291	0.00291	PE726	2	0.986	0.00986
PE302	2	0.301	0.00301	PE727	2	0.995	0.00995
PE303	2	0.310	0.00310	PE802	2	1.005	0.01005
PE304	2	0.319	0.00319	PE803	2	1.014	0.01014
PE306	2	0.329	0.00329	PE806	2	1.024	0.01024
PE307	2	0.338	0.00338	PE807	2	1.033	0.01033
PE308	2	0.347	0.00347	PE808	2	1.042	0.01042
PE309	2	0.357	0.00357	PE809	2	1.052	0.01052
PE310	2	0.366	0.00366	PE811	2	1.061	0.01061
PE311	2	0.376	0.00376	PE812	2	1.071	0.01071
PE312	2	0.385	0.00385	PE813	2	1.080	0.01080
PE313	2	0.394	0.00394	PE814	2	1.089	0.01089
PE314	2	0.404	0.00404	PE901	2	1.099	0.01099
PE317	2	0.413	0.00413	PE902	2	1.108	0.01108
PE318	2	0.423	0.00423	PE903	2	1.118	0.01118
PE319	2	0.432	0.00432	PE905	2	1.127	0.01127
PE402	2	0.441	0.00441	PE906	2	1.136	0.01136
PE403	2	0.451	0.00451	PE907	2	1.146	0.01146
PE406	2	0.460	0.00460	PE908	2	1.155	0.01155
PE407	2	0.470	0.00470	PE909	2	1.165	0.01165
PE408	2	0.479	0.00479	PE910	2	1.174	0.01174

PE409	2	0.488	0.00488	PE911	2	1.183	0.01183
PE410	2	0.498	0.00498	PE912	2	1.193	0.01193
PE411	2	0.507	0.00507	PE913	2	1.202	0.01202
PE412	2	0.517	0.00517	PE1001	2	1.211	0.01211
PE413	2	0.526	0.00526	PE1002	2	1.221	0.01221
PE415	2	0.535	0.00535	PE1003	2	1.230	0.01230
PE416	2	0.545	0.00545	PE1004	2	1.240	0.01240
PE417	2	0.554	0.00554	PE1005	2	1.249	0.01249
PE501	2	0.563	0.00563	PE1006	2	1.258	0.01258
PE502	2	0.573	0.00573	PE1007	2	1.268	0.01268
PE505	2	0.582	0.00582	PE1008	2	1.277	0.01277
PE507	2	0.592	0.00592	PE506	4	1.296	0.01296
PE509	2	0.601	0.00601	PE601	4	1.315	0.01315
PE510	2	0.610	0.00610	PE708	4	1.334	0.01334
PE511	2	0.620	0.00620	PE801	4	1.352	0.01352
PE512	2	0.629	0.00629	PE503	3	1.381	0.01381
PE513	2	0.639	0.00639	PE504	3	1.409	0.01409
PE514	2	0.648	0.00648	PE804	3	1.437	0.01437
PE515	2	0.657	0.00657	PE405	1	1.474	0.01474
PE516	2	0.667	0.00667	PE702	1	1.512	0.01512
PE602	2	0.676	0.00676				
PE603	2	0.686	0.00686				
PE607	2	0.695	0.00695				

## Sugestão para enquadramento das águas das cisternas domiciliares

Sugere-se que as águas provenientes das cisternas domiciliares para serem utilizadas no abastecimento humano sejam classificadas, como águas de *Classe 1 Águas Doces*, obedecendo à resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, segundo os limites e/ou condições seguintes:

- material flutuante: virtualmente ausentes;
- óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- substâncias que possuam gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes.

As águas das cisternas domiciliares não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Também, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. No caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 1.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

- Águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%;
- DBO 5 dias a 20 °C até 3 mg L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>;
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>;
- Turbidez: até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- Cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/l;
- pH: 6,0 a 9,0;

- Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):
- Amônia ( $\text{NH}_3$ ) (mg  $\text{L}^{-1}$ ) igual a zero
- Cloretos: 250 mg  $\text{L}^{-1}$  Cloretos
- Nitrato: 10 mg  $\text{L}^{-1}$  N

## **Capítulo 6**

# **Considerações finais**

Aderaldo de Souza Silva

Célia Maria Maganhotto de Souza Silva

Os métodos empregados apresentaram grande potencial de exploração em análises sobre a avaliação de qualidade do uso da água em cisternas domiciliares. Os recursos estatísticos permitem observar, além da correlação entre os fatores e as variáveis, quais os pontos amostrados que estão sendo influenciados pelo fator, ou seja, qual o local amostrado que está sendo influenciado pelas variáveis que mais contribuíram na constituição de determinado fator.

A presença simultânea das variáveis dificulta o discernimento sobre as suas influências. A análise fatorial apoiada na dispersão das observações fornece os fatores que vão indicar a posição relativa dos pontos amostrados (Água utilizada para consumo humano no âmbito dos domicílios, abastecidos com água, provenientes de cisternas), em relação às características com as quais os fatores apresentam correlação forte.

A partir de grupos homogêneos (cluster means), obtidos em forma natural, pode-se chegar à identificação da qualidade de uso de água em cisternas domiciliares do semi-árido brasileiro, mais ou menos afetadas por teores máximos permitidos para as variáveis estudadas, auxiliando na tomada de medidas em níveis, que evitem o início e/ou expansão de impactos negativos que possam comprometer a saúde da família, bem como classificá-las em termos de resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357, de 17 de março de 2005.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- A técnica de análise multivariada utilizada, associada a técnicas de geoprocessamento, permitiram construir o Índice de Qualidade de Uso da Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD), com a finalidade de possibilitar a geoespacialização dos indicadores por domicílios, representados cartograficamente, nas cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente, simplificando sua compreensão e difusão por meio da construção de Mapas Digitais, passíveis de serem visualizados e veiculados, na rede mundial de computadores.
- Dos 143 domicílios pesquisados no Estado da Paraíba, 72,7% foram classificados pelo Índice de Qualidade de Uso de Água em Cisternas Domiciliares (IUA-CD), como de Elevado risco de contaminação, as águas provenientes de cisternas domiciliares, por apresentarem as maiores médias de pH (8,4) e Amônia (0,86 mg/L), tendo sido classificadas com um IUA-CD entre 0,00127 e 0,01392 para um escore que variou entre 0,127% e 1,379%.
- Dos 145 domicílios pesquisados no Estado de Pernambuco, 93,79% foram considerados pelo IUA-CD, como de Baixo risco de contaminação as águas de consumo humano, provenientes de cisternas, cuja amplitude do IUA-CD variou 0,00009 e 0,01277 para um escore de 0,009% a 1,277%.
- Dos 143 domicílios pesquisados na Paraíba e dos 145 pesquisados em Pernambuco, somente 72,7% e 2,8% dos domicílios, apresentaram Elevado Risco de contaminação de uso da água de cisternas, em função de altos teores de amônia (1,14 mg/l) e de Turbidez (12,77 NTU) na Paraíba e Turbidez (10,80 NTU), Cloretos (58,01), Sal (0,20) e Nitrato (1,13) em Pernambuco, respectivamente. O que permitiu afirmar que as águas utilizadas para consumo humano, provenientes de cisternas domiciliares, são de melhores qualidade no Agreste Pernambucano, em comparação com as águas oriundas de cisternas do Cariri e do Sertão Paraibano, em função da ocorrência de maior pluviosidade e regularidade na distribuição das chuvas na região do Agreste.

Futuras pesquisas devem considerar a utilização de um número ainda maior de variáveis, principalmente aquelas de natureza química e microbiológicas, pois a falta de Boas Práticas de Higiene (BPHs) por parte das famílias, usuárias das águas de cisternas para consumo humano, pôde estar influenciando, diretamente, na qualidade das águas consumidas no âmbito domiciliar.

## Referências

<http://www.ysi.com>; grominger@ysi.com

<http://www.cohesp.com.br>; contato@cohesp.com.br

<http://www.hexis.com.br>; hexis@bility

<http://alfatecnoquímica.com.br>; alfa@central148.com.br

[http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim\\_22.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_22.pdf) ISA\_ÁGUA

AGRIANUAL 97: *anuário estatístico da agricultura brasileira*. São Paulo: FNP/M&S, 1996. 435p.

AYERS, R. S. and WESTCOT, D. W. 1985. Water quality for agriculture. *Irrigation and Drainage Paper 29 (Revised)*. FAO, Rome, Italy.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *Water quality for agriculture*. Rome: FAO, 1985.. (FAO. Irrigation

BANCO DO NORDESTE. *Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas/ Banco do Nordeste, equipe de elaboração Marilza do Carmo Oliveira Dias (coordenadora), Mauri César Barbosa Pereira, Pedro Luiz Fuentes Dias, Jair Fernandes Virgínio*. - Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297 p.

BRAAT, L. The predictive meaning of Sustainability Indicators. In.: KUI, O. VEREBRUGGEN, M. eds. *In search of indicators of sustainable development*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 1991.

BRAGA, R.C.G. *Vocabulário sistemático do subprojeto Ecovale*. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, 2005. 357p. (Tese de Doutorado).

BRASIL - MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria N°. 518, de 25 de março de 2004. *Diário Oficial*, Brasília, 26 de março de 2004. Seção 1, p. 266

BRESLER, E.; McNEAL, B. L.; CARTER, D. L. *Saline and sodics soils: principles-dynamics-modeling*. (Advanced series in agricultural sciences; 10). Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1982. 236 p.

BRITO, L.T. de L.; SILVA, A. De S.; MACIEL, J.L.; & MONTEIRO, M.A.R. *Barragem subterrânea I. Construção e manejo*. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38p. II. (EMBRAPA-CPATSA, Boletim de Pesquisa, 36).

BROOKS, D. *Working paper*. USDA Forest service, OR: Pacific Northwest Research Station Eugene, 1996.

BUSSAB, Wilton de Oliveira.; MIAZAKI, Édina Shiazue.; ANDRADE, Dalton Francisco de. *Introdução à análise de agrupamentos*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 9, 1990. São Paulo. *Anais...* São Paulo: IME/USP. 1990. 105p.

CALDWELL, L.K. Landscape, law and public policy: conditions for na ecological perspective. *Landscape Ecology*, v. 5, p. 3-8, 1990.

CARMO, M. S.; ROCHA, M. B.; ZARONI, M. M. H.; COMITRE, V.; NICOLELLA, G. (1993). *Mobilidade espaço-temporal da composição da área agrícola paulista*. 1975-1985. *Agricultura em São Paulo*, v. 40, p.113-133.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. ed. Water Quality Assessment. London: E&FN ISPON, 1997. p. 59-126.

CIAMA. CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE EL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE (CIAMA). *El desarrollo en la perspectiva del siglo XXI*. Dublin, Irlanda. P. 59.

CONAMA -CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. Publicada no D.O.U. de 30/07/86. Estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do território nacional.

CRIVISQUI, Eduardo. *Repaso de los principales conceptos estadísticos y matemáticos necesarios para la comprensión de los métodos de análisis de datos multidimensionales*. Bruselas: Université Libre de Bruxelles, 1997, 81p.

DETR - Department for the Environment, Transportation and the Regions. *Indicators of Sustainable Development for the United Kingdom*. Disponível em <http://www.environment.detr.gov.uk/epsim/indics/isdintro.htm> > Acesso em fev. 2002.

DOUGHERTY, T. C.; Hall, A. W. 1995. Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects. *Irrigation and drainage Paper 53*. FAO, Rome, Italy. 74 p.

EMBRAPA-CNPMA. *Monitoramento da qualidade das águas para o desenvolvimento do semi-árido brasileiro - Ecoágua*. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1999 (Projeto 11.0.99.240).

EMBRAPA-CNPMA. *Monitoramento da qualidade das águas para o desenvolvimento do semi-árido brasileiro - Ecoágua*. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1999a (Projeto 11.0.99.240).

EMMERT, N.O. Introduction. In.: EMMERT, N.O. ed. State indicators of national scope. Vol. 3. Miami: Center for Public Management., 1996. Disponível em <<http://www.fsu.edu/~cpm/seigip/catalog/volume3.html>> Acesso em fev. 2002.

ESCOFIER, Brigitte & PAGÉS, Jérôme. *Análises factoriales simples e múltiples: objetivos, métodos y interpretación*. Universidad Del Pais Vasco. 1992. 285p.

FLURY, M; *Experimental evidence of transport of pesticides through field soils – A Review*. Department of Soil and Environmental Sciences: University of California at

GEOTÉCNICA. (1972). *Levantamento detalhado dos solos e classes de terras para irrigação da área PA1 e PA2* (relatório técnico e mapas). Recife.

HEDGES, Larry & OLKIN, Ingram. *Statistical methods for meta-analysis*. San Diego: Academic Press, 1985. p.226.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; Qualidade da Água para Irrigação. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Ed.) *Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 137-165.

HYDROLAB Corporation. User's Manual. DataSonde® and MiniSonde®: Water quality multiprobes. Revision D. 1997. Texas. USA

HYDROLAB Corporation.; User's Manual. DataSonde® and MiniSonde®: Water quality multiprobes. Revision D. 1997. Texas. USA



IADIRAY, Dominique & HORBER, Eugène. Apresentação da metodologia de análise exploratória de dados (documento complementar). In: PRESTA. *Análise exploratória de dados*. Florianópolis: UFSC, Bruxelas: Université Libre de Bruxelles. 1997, p.8.1-8.4.

KEENEY, R. *Value-focused thinking*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

KEENEY, R.; RAIFFA, H. *Decisions with multiple objectives*. New York: Wiley, 1976.

KHANNA, N. Measuring environmental quality: na indexo f pollution. *Ecology Economy*, v. 35, p. 191-202, 2000.

LEAL, A. DE S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). *O estado das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos*. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 139-164. il.

LUBCHENKO, J. Entering the century of the environment: a new social contract for science. *Science*, v. 29, p. 491-499, 1998.

MIRANDA, J. I.; SILVA, A. de S.; RODRIGUES, G. S. *Um modelo digital de degradação hídrica aplicado ao diagnóstico ambiental: agropólo submédio do rio São Francisco*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 38p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 12).

MOON, D.; JECK, S.; SELBY, C. Elements of a decision support system: information, model, and user management. In: EL-SWAIFY, S.A.; YAKOWITZ, D.S. eds. *Multiple objective management*. Boca Raton: CRC Press, 1998. p. 323-334.

MOSTAGHIMI, S; HOLTZMAN, G. I; BRUGGEMAN, A. C; SHANHOLTZ, V.O; SHUKLA, S. and ROSS, B. B. *Monitoring pesticide and nitrate in Virginia's groundwater - A pilot study*. Department of Agriculture and Consumer Services Office of Pesticide Management, Richmond, Va. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University. 1995. ASAE, Vol. 38 (3): 797-807.

NRC - Natural Resources Canada. *Information for decision making in sustainable development*. Ottawa: Natural Resources Canada, 2001. (Monograph 16).

ONGLEY, E. D. Control of water pollution from agriculture. *Irrigation and drainage Paper 55*. FAO, Rome, Italy. 101 p.

O Estado das Águas no Brasil. Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. MME, MMA/SRH. 1999.

PESSOA, M. C. P. Y. P; LUCHIARI JUNIOR, A; FERNANDES, E. N. F; LIMA, M. A. de; *Principais modelos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais em atividades agrícolas*. Jaguariúna: EMBRAPA - CNPMA, 83p., 1997. (EMBRAPA- CNPMA, Documento 8).

PETROLINA-Pe, Brazil: IRCD – *International Rainwater Catchment System Association*, 1999.

PRABU, R.; COLFER, C.J.P.; DUDLEY, R.G. *Guidelines for developing, testing and selecting criteria's and indicators for sustainable forest management*. Bogor, Indonésia: CIFOR, 1996.

PROGRAMA de formação e mobilização social para a convivência com o semi-árido: um milhão de cisternas rurais-P1MC. Disponível em < <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/Usos Multiplos/arqs/P1MC.doc>> Consultado em agosto/2005.

REBOUÇAS, A. da C. *Água doce no mundo e no Brasil*. In: *Águas do Brasil: capital ecológico, use e conservação / coordenação científica*: Aldo da Cunha Rebouças; Benedito Braga; Jose Galizia Tundisi. São Paulo: Escritura editora, 1999. 720p.

REBOUCAS, A. *Uso inteligente da água*. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. 207p.

Referencias – Elaboração. Rio de Janeiro, 2000.

RHOADES, J. D.; CHANDUVI, F.; LESCH, S. 1999. Soil Salinity assessment: methods and interpretation of electrical conductivity measurements. *Irrigation and drainage Paper 53*. FAO, Rome, Italy. p.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. 1992. The use of saline waters for crop production. *Irrigation and drainage Paper 48*. FAO, Rome, Italy. 133 p.

RIBEIRO, J.A.R. *Caracterização hidroquímica da água de chuva e estudo da viabilidade da captação e armazenamento em cisternas, para o atendimento de demandas de água doce para consumo humano nas bacias dos rios verde e jacaré, semi-árido do estado da Bahia*. Salvador, BA: Universidade Federal da Bahia, 2005. 113p. (Tese de Mestrado).

SAS Institute Inc., SAS/STAT. (1999). *User's guide, version 8*, ed. Cary: SAS Institute Inc., p. 943.

SCHISTEK, H. *A construção de cisterna de tela e arame*. Paulo Afonso/BA: Editora Fonte Viva/IRPAA, 1998. 56p.

SCHISTEK, H.. *Caldeirão, caxio e cacimba: três sistemas tradicionais de captação de água de chuva no nordeste brasileiro*. Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva e 9th International Rainwater Catchment Systems Conference – Petrolina, Pe/Brasil: IRCD, Jul. 1999.

SHIELDS, D.J.; MITCHELL, J.E. *A hierarchical systems model f ecosystem management*. Working Paper, USDA Forest Service. Fort Collins, CO: Rocky Mountain Research Station, 1997.

SILVA, A. de S. et al. *Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas rurais II; Água para o consumo humano*. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA/MINTERSUDENE, 1988. 80 p. il.

SILVA, A. de S. et al. *Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: Cisternas rurais, dimensionamento, construção e manejo*. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, MINTER-SUDENE, 1984.

SILVA, A. DE S.; BRITO, L. T. DE L.; ROCHA, H.M. *Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: cisternas rurais II; água para consumo humano*. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1988. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 16).

SILVA, A. de S.; *Racionalização do uso de agrotóxicos em frutas irrigadas exportáveis para adequação dos padrões de qualidade ISO 14000: Dipólo agro-industrial Petrolina (PE)/Juazeiro(BA)*. 1997.

SILVA, F.B.R. E; RICHE, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C. DE; BRITO, L.T. DE L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B. DA; SILVA, A.B. DA; ARAÚJO FILHO, J.C.DE; LEITE, A.P. *Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico*. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v. EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 80).

SILVA, João G. C. & MACHADO, Amauri de. *Análise multivariada*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 1997. 34p.

SILVA, Jorge Xavier & SOUZA, Marcelo Lopes de. *Análise ambiental*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1987. 196p.

SILVA. A. DE S.; PORTO, E. R. *Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil*; tecnologias de baixo custo. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1982. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 14).

SILVEIRA, A. L. L. da. *Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica*. In 1-Hidrologia: ciência e aplicação / organizado por Carlos E. M. Tucci - 2. ed.; 1. reimpr. - Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH. 2000 - 943 p.

SOUZA, J. R. *A articulação no semi-árido brasileiro (ASA): desafios e perspectivas na construção da sustentabilidade do semi-árido*. 1º Seminário Internacional "Gerenciamento de Redes para o Desenvolvimento Comunitário" - COEP (Comitê de Entidades no Combate a Fome e pela Vida). Maceio/AL/BR, de 29 de março a 02 abril de 2004. Disponível em: <http://www.coeprasil.org.br/semindrio/documentos/plerommo.html>. Acesso em: 08 fev. 2005.

TITI, A el; BOLLER, E. F; GENDRIER, J. P (eds). *Producción Integrada: Principios y Directrices Técnicas*. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 18 (1, 1), 1995. 22p.

TOMASSI, L. B. *Estudo de Impacto Ambiental*. São Paulo: CETESB: Terragraf Artes e Informática; 1993. 354 p.

WAS- World's Academic Science: *Transition to sustainability in the 21st Century: the contribution of science and technology*. A Statement of the World's Scientific Academies. 2000. Disponível em [http://interacademies.net/intracad/tokyowooo.nsf/all/sustainability\\_statement](http://interacademies.net/intracad/tokyowooo.nsf/all/sustainability_statement) > Acesso em fev. 2002.

# **ANEXO**

## Amostra de água na Paraíba

Tabela 13. Classificação dos parâmetros físico-químicos georreferenciados por meio de GPS, resultantes de análises de amostra de água de beber, coletadas em 143 domicílios com cisternas, mensurados pela Sonda multiparâmetros in loco, nos municípios pesquisados do Estado da Paraíba (maio de 2007).

UF	ND	QUEST	TEMP	TURB	pH	COND	SAL	DO	TDS	AniaN	AniumN	CLORETO	Nitrato	LAT	LONG
(N)	(N°)	(N°.)	(°C)	(NTU)	(ad)	(mS/cm)	(ppt)	(mg/l)	(g/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(Grau)	(Grau)
PB	1	P0101	25.65	0.10	7.84	0.49	0.23	5.09	0.32	0.11	2.67	14.19	1.01	-7.37004	-36.05808
PB	2	P0102	23.99	3.30	8.14	0.27	0.13	5.23	0.18	0.09	1.17	16.21	0.04	-7.37001	-36.05843
PB	3	P0104	25.62	1.85	8.14	0.16	0.07	4.85	0.10	0.09	1.06	3.18	0.41	-7.36990	-36.05966
PB	4	P0117	23.26	2.75	8.42	0.11	0.05	6.58	0.07	0.17	1.20	0.76	0.53	-6.82720	-36.83577
PB	5	P0118	22.80	3.85	8.41	0.10	0.05	6.46	0.07	0.19	1.52	0.52	0.62	-6.82785	-36.83473
PB	6	P0121	22.95	0.00	8.67	0.19	0.09	8.07	0.13	0.18	0.78	4.87	0.06	-6.83174	-36.83628
PB	7	P0123	25.54	14.85	7.89	0.05	0.17	9.38	0.22	0.37	5.79	15.02	2.84	-6.82914	-36.83058
PB	8	P0124	27.07	0.00	8.37	0.21	0.09	8.79	0.13	0.28	1.50	3.04	0.34	-7.38926	-36.45930
PB	9	P0125	25.36	0.00	8.21	0.13	0.06	5.98	0.09	0.17	1.71	0.96	0.20	-6.85284	-36.84592
PB	10	P0126	25.92	0.00	8.37	0.18	0.08	7.84	0.12	0.41	2.59	-2.78	0.74	-7.33864	-36.48310
PB	11	P0127	25.27	0.00	8.65	0.19	0.09	7.88	0.12	0.53	1.82	9.24	0.37	-7.39155	-36.47270
PB	12	P0128	26.69	0.00	8.18	0.19	0.09	8.17	0.12	0.35	3.62	1.97	1.72	-7.39089	-36.47683
PB	13	P0129	26.81	0.00	8.22	0.36	0.16	8.78	0.22	0.40	3.73	8.24	3.72	-7.39089	-36.47683
PB	14	P0130	24.09	0.00	8.16	0.30	0.15	5.33	0.20	0.11	1.41	14.47	0.13	-7.37219	-36.05906
PB	15	P0201	25.81	0.00	8.05	0.36	0.17	8.31	0.23	0.14	2.04	9.11	0.51	-7.35181	-36.04780
PB	16	P0202	23.34	0.00	8.12	0.40	0.20	5.94	0.27	0.21	3.13	13.89	0.21	-7.35013	-36.04810
PB	17	P0203	25.97	2.75	8.23	0.20	0.09	7.15	0.12	0.17	1.61	5.80	0.27	-7.35803	-36.04836
PB	18	P0204	25.96	1.50	8.25	0.11	0.05	7.63	0.07	0.15	1.40	3.09	0.33	-7.35810	-36.04858
PB	19	P0206	24.80	0.40	8.02	0.19	0.09	6.47	0.13	0.11	1.92	7.13	0.56	-6.82383	-36.83226
PB	20	P0207	25.61	0.00	8.26	0.12	0.06	6.15	0.08	0.15	1.40	1.00	0.08	-6.82610	-36.83828
PB	21	P0208	25.45	0.00	8.40	0.12	0.06	7.24	0.08	0.21	1.42	1.52	0.38	-6.82554	-36.83849
PB	22	P0209	25.60	0.00	8.11	0.12	0.06	5.17	0.08	0.08	1.00	1.43	0.66	-6.82909	-36.82758
PB	23	P0212	25.88	0.00	8.41	0.18	0.08	7.35	0.12	0.15	0.99	5.98	0.24	-6.80226	-36.87186
PB	24	P0213	25.42	8.10	8.29	0.13	0.06	6.00	0.09	0.18	1.60	0.90	0.10	-6.80834	-36.87428
PB	25	P0214	23.00	0.90	8.58	0.11	0.05	6.67	0.07	0.31	1.64	0.65	0.45	-6.80669	-36.87084
PB	26	P0215	25.79	0.80	8.53	0.26	0.12	7.38	0.17	0.31	1.47	9.27	0.19	-6.82655	-36.83672
PB	27	P0216	26.09	0.00	8.63	0.16	0.07	9.21	0.10	0.84	3.18	2.40	0.45	-7.38711	-36.43742
PB	28	P0217	27.09	1.55	8.45	0.21	0.09	7.99	0.13	0.38	2.01	3.58	1.35	-7.39271	-36.43145
PB	29	P0218	26.09	0.50	8.38	0.17	0.08	9.78	0.11	0.30	1.98	1.49	1.23	-7.39271	-36.43145
PB	30	P0219	26.32	14.85	8.63	0.27	0.13	9.38	0.17	1.35	5.07	6.26	0.61	-7.38893	-36.42463
PB	31	P0220	27.01	0.00	8.04	0.15	0.07	9.95	0.09	0.30	4.11	0.62	3.72	-7.39683	-36.42287
PB	32	P0221	27.21	2.60	8.27	0.16	0.07	9.79	0.10	0.32	2.59	1.30	1.80	-7.39643	-36.42395
PB	33	P0222	26.50	0.00	8.25	0.14	0.06	7.87	0.09	0.30	2.61	1.04	3.54	-7.39787	-36.40385
PB	34	P0303	24.81	1.30	7.45	0.75	0.37	5.22	0.49	0.08	4.92	10.35	1.57	-7.37435	-36.06833
PB	35	P0304	24.77	4.30	8.35	0.08	0.04	6.22	0.06	0.12	0.92	2.28	0.04	-7.37331	-36.06955
PB	36	P0305	23.32	0.00	8.33	0.12	0.06	5.38	0.08	0.10	0.94	3.77	0.09	-7.37131	-36.06820
PB	37	P0307	25.51	0.00	8.28	0.12	0.05	6.12	0.08	0.15	1.34	0.83	0.15	-6.82677	-36.83570
PB	38	P0308	23.15	0.00	8.14	0.11	0.05	5.58	0.08	0.28	4.03	0.72	0.08	-6.82704	-36.83604
PB	39	P0309	23.34	2.20	8.68	0.11	0.05	6.55	0.07	0.49	2.00	1.51	0.08	-6.83132	-36.83414
PB	40	P0310	23.23	2.80	8.24	0.20	0.10	6.26	0.14	0.16	1.84	5.73	0.17	-6.83379	-36.83910
PB	41	P0311	26.29	5.13	8.74	0.09	0.04	8.36	0.06	0.86	2.47	0.75	3.22	-6.83305	-36.82956
PB	42	P0312	25.92	0.00	8.31	0.67	0.32	7.25	0.43	0.35	2.82	25.07	0.70	-7.39648	-36.45822
PB	43	P0313	23.45	0.55	8.11	0.11	0.05	6.90	0.07	0.09	1.31	1.46	0.23	-6.82971	-36.85566
PB	44	P0314	26.59	3.80	9.90	0.44	0.20	9.00	0.28	8.27	7.27	5.25	0.33	-73.03020	-36.38934

PB 45	P0315	26.25	6.30	9.35	0.29	0.13	9.73	0.19	6.52	4.18	6.43	0.12	-7.30289	-36.38924
PB 46	P0316	22.77	0.00	7.66	0.23	0.12	5.31	0.16	0.02	0.95	16.09	0.02	-7.30315	-36.38895
PB 47	P0317	22.71	1.30	8.85	0.25	0.13	5.90	0.17	1.30	3.69	7.78	0.10	-7.30360	-36.38847
PB 48	P0401	25.80	0.10	8.13	0.21	0.10	7.69	0.14	0.13	1.58	5.68	0.46	-7.36910	-36.06710
PB 49	P0402	27.21	0.00	8.07	0.34	0.15	11.35	0.21	0.28	3.03	11.74	0.84	-7.36338	-36.07811
PB 50	P0404	23.31	0.03	8.62	0.31	0.15	5.34	0.21	0.75	3.50	8.13	0.32	-7.36712	-7.36712
PB 51	P0406	25.89	0.10	8.12	0.42	0.20	8.08	0.27	0.21	2.67	14.46	0.56	-7.37171	-36.07397
PB 52	P0407	25.39	0.00	8.22	0.85	0.41	6.16	0.55	0.20	2.06	17.67	0.89	-6.82730	-36.82474
PB 53	P0408	25.27	0.00	8.17	0.72	0.35	6.63	0.46	0.24	2.77	13.54	1.44	-6.82773	-36.82197
PB 54	P0409	25.91	1.00	8.37	0.81	0.39	7.54	0.52	0.43	3.05	21.31	0.74	-6.82111	-36.81379
PB 55	P0410	25.70	0.00	8.31	0.10	0.04	7.10	0.06	0.06	0.47	1.35	0.07	-6.81953	-36.81177
PB 56	P0411	24.94	0.00	8.31	0.10	0.05	6.85	0.07	0.12	1.00	1.83	0.25	-6.81976	-36.81273
PB 57	P0412	25.96	0.00	8.48	0.20	0.09	7.15	0.13	0.52	2.77	2.28	0.22	-6.82163	-36.81159
PB 58	P0413	25.82	0.00	8.59	0.11	0.05	6.96	0.07	0.26	1.10	1.16	0.16	-6.82205	-36.81057
PB 59	P0416	23.33	0.50	8.05	0.17	0.86	7.01	0.11	0.35	6.22	43.73	2.99	-6.84667	-36.80605
PB 60	P0417	23.18	0.00	8.40	0.10	0.05	6.63	0.07	0.12	0.96	0.84	0.51	-6.84569	-36.80747
PB 61	P0418	23.57	0.10	8.29	0.15	0.07	6.66	0.10	0.20	1.97	1.96	0.39	-6.84707	-36.80943
PB 62	P0419	24.83	2.60	8.25	0.11	0.05	6.57	0.07	0.07	0.67	1.06	0.06	-6.84276	-36.81212
PB 63	P0422	26.48	1.00	9.89	0.26	0.12	8.27	0.17	8.27	4.12	6.03	0.29	-7.30807	-36.39236
PB 64	P0423	22.65	0.05	7.77	0.14	0.07	5.56	0.10	0.07	2.38	2.19	0.04	-7.30766	-36.39215
PB 65	P0424	23.08	0.00	7.63	0.15	0.07	5.63	0.10	0.06	2.79	3.55	0.03	-7.30742	-36.39115
PB 66	P0425	26.28	0.00	8.79	0.20	0.09	9.61	0.13	2.50	6.42	1.43	3.20	-7.30605	-36.39280
PB 67	P0426	26.23	0.10	8.83	0.17	0.08	9.42	0.11	2.35	5.60	2.10	0.67	-7.30448	-36.38779
PB 68	P0427	22.83	0.40	8.58	0.32	0.16	5.71	0.22	-1.11	4.92	2.41	0.07	-7.30395	-36.38819
PB 69	P0428	26.54	1.00	8.60	0.13	0.06	8.19	0.08	0.48	1.89	5.27	0.36	-7.30384	-36.38814
PB 70	P0501	23.62	0.60	7.99	0.57	0.28	4.96	0.38	0.12	2.32	29.57	0.12	-7.35175	-36.06813
PB 71	P0502	24.88	0.35	7.98	0.22	0.11	6.41	0.15	0.06	1.19	4.29	0.45	-7.35046	-36.06560
PB 72	P0503	23.55	4.98	8.61	0.40	0.20	5.74	0.27	0.54	2.52	13.60	0.16	-7.36301	-36.06301
PB 73	P0505	22.65	14.85	7.08	0.86	0.13	4.85	0.55	0.08	0.17	1.25	0.31	-7.36199	-36.06838
PB 74	P0506	23.07	0.00	8.64	0.10	0.05	6.78	0.06	0.35	1.60	0.79	0.65	-6.82811	-36.80292
PB 75	P0507	23.22	0.00	8.03	0.15	0.07	7.32	0.10	0.10	1.91	0.71	0.32	-6.82706	-36.80183
PB 76	P0509	26.32	0.00	8.45	0.04	0.02	8.41	0.03	0.28	1.60	0.58	0.91	-6.82370	-36.80272
PB 77	P0510	23.01	4.95	8.08	0.14	0.07	6.46	0.10	0.23	3.67	0.68	1.08	-6.82363	-36.80130
PB 78	P0512	23.66	1.10	8.28	0.79	0.40	6.94	0.53	0.39	3.91	16.86	1.31	-6.82826	-36.79569
PB 79	P0513	25.38	0.00	8.08	0.10	0.04	5.92	0.06	0.05	0.75	1.10	0.13	-6.82956	-36.79723
PB 80	P0514	23.21	0.00	8.21	0.12	0.06	6.61	0.08	0.18	2.20	0.72	0.57	-6.82989	-36.79680
PB 81	P0515	25.13	0.00	8.61	0.15	0.86	4.85	0.10	0.04	0.74	1.12	0.09	-6.82947	-36.79782
PB 82	P0516	23.06	0.95	8.51	0.11	0.05	6.62	0.08	0.25	1.53	1.09	0.92	-6.82974	-36.79782
PB 83	P0517	25.37	5.70	7.95	0.11	0.05	8.46	0.07	0.10	1.81	0.88	0.04	-6.82976	-36.79867
PB 84	P0518	25.10	1.65	7.67	0.10	0.05	5.38	0.07	0.05	1.74	0.92	0.21	-6.82921	-36.79926
PB 85	P0519	23.61	0.55	8.91	0.18	0.09	6.91	0.12	0.50	1.16	14.47	0.25	-6.82941	-36.79953
PB 86	P0521	26.21	3.47	8.56	0.31	0.14	9.74	0.19	0.93	4.09	4.70	2.07	-7.30463	-36.38851
PB 87	P0522	26.15	1.55	8.37	0.39	0.18	10.20	0.25	0.96	6.56	6.37	2.77	-7.30409	-36.38815
PB 88	P0523	26.63	2.07	8.33	0.58	0.27	10.14	0.36	0.76	5.54	13.55	3.41	-7.30409	-36.38715
PB 89	P0524	26.12	4.17	8.01	0.27	0.12	4.85	0.17	0.15	2.31	10.41	0.07	-7.30822	-36.38712
PB 90	P0525	23.04	0.65	8.30	0.16	0.08	6.57	0.11	0.13	1.28	1.46	0.96	-7.30661	-36.38801
PB 91	P0526	26.35	4.35	8.45	0.80	0.38	11.26	0.51	1.31	7.20	5.22	3.72	-7.30822	-36.38014
PB 92	P0527	26.53	0.00	8.05	0.41	0.19	11.35	0.26	0.31	4.32	10.28	0.32	-7.30842	-36.38863
PB 93	P0528	26.32	0.00	8.45	0.37	0.17	10.19	0.23	1.64	7.67	3.92	1.31	-7.30879	-36.38808
PB 94	P0529	26.09	0.00	8.39	0.86	0.41	11.35	0.55	0.74	4.86	8.00	3.72	-7.30835	-36.38916
PB 95	P0602	25.85	0.55	8.57	0.62	0.30	7.36	0.40	0.67	2.91	25.12	0.48	-7.36643	-36.05330
PB 96	P0604	22.65	14.85	7.08	0.86	0.45	4.85	0.55	0.30	0.27	2.89	0.37	-7.36576	-36.05322
PB 97	P0605	25.31	0.00	8.05	0.42	0.20	6.10	0.27	0.27	3.75	8.24	0.20	-7.36577	-36.05225
PB 98	P0606	23.20	0.00	8.32	0.14	0.07	10.83	0.10	0.20	1.91	0.82	1.53	-6.82129	-36.78803
PB 99	P0607	25.76	0.00	8.13	0.11	0.05	6.52	0.07	0.08	1.03	1.12	0.09	-6.82336	-36.78868
PB 100	P0608	23.23	1.10	8.07	0.24	0.12	5.57	0.16	0.19	3.16	2.91	0.94	-6.82383	-36.78788

PB 101	P0610	26.37	0.70	8.45	0.10	0.05	8.85	0.06	0.49	2.81	0.61	2.59	-6.82303	-36.78596
PB 102	P0612	26.57	0.80	9.35	0.32	0.15	8.59	0.20	8.27	5.74	5.60	1.10	-7.30754	-36.39017
PB 103	P0614	22.65	2.00	8.87	0.26	0.13	5.91	0.17	1.51	4.15	4.83	0.05	-7.30843	-36.38872
PB 104	P0615	26.51	0.00	9.98	0.20	0.09	8.14	0.12	8.27	5.61	1.72	0.31	-7.30823	-36.38840
PB 105	P0616	26.34	0.00	9.00	0.22	0.10	9.44	0.14	2.50	4.01	2.46	1.75	-7.30847	-36.38878
PB 106	P0705	23.18	0.15	8.15	0.40	0.20	5.43	0.27	0.17	2.29	15.54	0.22	-7.35788	-36.04772
PB 107	P0707	23.33	0.00	8.25	0.25	0.12	5.67	0.17	0.17	1.88	9.08	0.15	-7.35778	-36.04832
PB 108	P0708	23.05	2.91	8.38	0.23	0.11	6.14	0.16	0.29	2.31	7.52	0.17	-6.83443	-36.81560
PB 109	P0709	23.04	0.13	8.21	0.13	0.06	6.35	0.09	0.25	3.03	1.03	0.35	-6.83425	-36.81754
PB 110	P0710	22.85	2.35	8.51	0.12	0.06	7.08	0.08	0.27	1.69	1.17	0.12	-6.83398	-36.81755
PB 111	P0711	23.37	0.00	8.07	0.23	0.11	6.25	0.16	0.17	2.64	4.84	0.15	-7.35762	-36.04909
PB 112	P0712	26.31	0.40	8.14	0.10	0.04	8.80	0.06	0.27	3.12	0.52	2.72	-6.83031	-36.82055
PB 113	P0713	24.21	1.10	8.21	0.28	0.13	6.71	0.18	0.18	2.15	5.15	1.17	-6.83211	-36.82317
PB 114	P0714	23.60	0.03	8.25	0.24	0.12	5.82	0.16	0.15	1.64	9.64	0.43	-7.35788	-36.04907
PB 115	P0715	24.80	14.85	8.44	0.16	0.07	6.28	0.10	0.18	1.18	4.08	0.12	-6.80442	-36.87103
PB 116	P0716	24.92	0.08	8.31	0.15	0.07	5.93	0.10	0.15	1.30	3.26	0.14	-6.80268	-36.87049
PB 117	P0717	24.93	0.10	8.23	0.05	0.02	5.49	0.03	0.04	0.36	3.42	0.01	-6.80592	-36.87231
PB 118	P0718	25.86	0.00	8.45	0.15	0.07	7.19	0.10	0.27	1.57	3.74	0.15	-6.80273	-36.86141
PB 119	P0719	23.51	0.00	8.25	0.10	0.05	6.66	0.07	0.15	1.61	0.91	0.22	-6.81055	-36.86860
PB 120	P0720	25.95	0.40	8.20	0.13	0.06	6.92	0.08	0.15	1.52	1.76	0.22	-6.81041	-36.83441
PB 121	P0721	26.30	0.50	8.13	0.19	0.09	8.47	0.12	0.28	3.32	1.10	3.57	-7.39072	-36.42785
PB 122	P0722	27.03	0.25	9.87	0.38	0.18	8.07	0.24	8.27	7.67	2.43	0.52	-7.38796	-36.43782
PB 123	P0723	26.80	4.10	8.28	0.16	0.07	8.18	0.10	0.34	2.71	2.71	1.27	-7.38195	-36.43161
PB 124	P0724	26.83	0.00	7.95	0.86	0.86	9.42	0.55	1.08	7.67	41.96	3.72	-7.39232	-36.43453
PB 125	P0725	27.06	1.30	8.08	0.14	0.06	9.36	0.09	0.26	3.22	0.66	3.72	-7.38454	-36.42259
PB 126	P0726	26.68	0.00	8.52	0.21	0.09	8.19	0.13	0.40	1.87	7.32	0.48	-7.38469	-36.42254
PB 127	P0727	26.72	0.00	8.22	0.16	0.07	7.88	0.10	0.48	4.42	1.32	2.40	-7.39011	-36.42443
PB 128	P0801	25.87	2.75	7.62	0.45	0.21	5.20	0.29	0.05	1.84	14.02	0.57	-7.37148	-36.05347
PB 129	P0802	25.43	0.25	7.85	0.42	0.20	5.25	0.27	0.08	1.72	12.27	0.47	-7.36942	-36.05164
PB 130	P0803	25.61	1.20	8.53	0.22	0.10	7.13	0.14	0.79	2.49	5.70	1.13	-7.36831	-36.05390
PB 131	P0804	25.02	14.85	8.02	0.12	0.05	6.07	0.08	0.07	1.13	1.64	0.15	-6.82663	-36.84232
PB 132	P0805	24.17	10.75	8.22	0.11	0.05	6.28	0.07	0.12	1.30	0.92	0.49	-6.82670	-36.84279
PB 133	P0807	22.98	14.85	8.38	0.10	0.05	6.77	0.07	0.17	1.42	0.99	0.72	-6.82590	-36.84401
PB 134	P0808	23.23	1.13	8.43	0.10	0.05	6.71	0.07	0.18	1.31	0.98	0.61	-6.82615	-36.83984
PB 135	P0809	23.50	5.30	8.31	0.13	0.06	6.51	0.08	0.19	1.85	0.72	1.64	-6.82943	-36.82669
PB 136	P0810	24.73	7.10	8.74	0.34	0.16	7.49	0.22	3.17	4.68	7.56	0.65	-7.32178	-36.39474
PB 137	P0811	23.35	3.50	8.17	0.15	0.07	6.23	0.10	0.17	2.28	0.58	2.47	-7.32084	-36.39609
PB 138	P0812	25.79	2.33	8.81	0.26	0.12	8.61	0.17	3.74	6.00	2.34	1.70	-7.30494	-36.38366
PB 139	P0813	26.55	9.55	9.05	0.30	0.14	8.48	0.19	4.28	5.97	4.29	0.71	-7.30552	-36.38505
PB 140	P0814	24.51	11.75	8.42	0.21	0.10	6.69	0.13	3.90	5.38	2.05	0.35	-7.31464	-36.37835
PB 141	P0815	24.56	1.65	7.90	0.14	0.06	5.82	0.09	0.40	2.95	1.32	0.45	-7.30939	-36.38609
PB 142	P0816	26.60	14.85	8.48	0.25	0.12	8.81	0.16	0.66	3.54	3.89	1.44	-7.31036	-36.38990
PB 143	P0817	26.04	0.80	7.75	0.29	0.13	4.85	0.18	0.05	1.39	7.86	0.29	-7.30260	-36.38742

## Amostras de água em Pernambuco

Tabela 14. Classificação dos parâmetros físico-químicos georreferenciados por meio de GPS, resultantes de análises de amostra de água de beber, coletadas em 145 domicílios com cisternas, mensurados pela Sonda multiparâmetros in loco, nos municípios pesquisados do Estado de Pernambuco (junho de 2007).

UF (N)	ND (N°.)	QUEST (N°.)	TEMP (°C)	TURB (NTU)	pH (ad)	COND (mS/cm)	SAL (ppt)	DO (mg/l)	TDS (g/l)	AniaN (mg/l)	AniumN (mg/l)	CLORETO (mg/l)	Nitrato (mg/l)	LAT (Grau)	LONG (Grau)
PE	1	P0101	23.05	0.00	9.06	0.318	0.16	7.01	0.21	1.54	2.40	0.84	0.22	-8.36954	-36.89911
PE	2	P0102	23.01	14.80	8.46	0.101	0.05	7.21	0.07	0.12	0.86	0.21	0.46	-8.36986	-36.90026
PE	3	P0103	23.18	14.80	8.99	0.164	0.08	8.19	0.11	0.76	1.44	3.96	0.22	-8.37454	-36.90382
PE	4	P0104	23.20	7.01	8.39	0.112	0.06	5.40	0.076	0.05	0.42	12.72	0.09	-8.37775	-36.90412
PE	5	P0105	23.23	6.47	8.13	0.099	0.05	4.56	0.066	0.02	0.29	7.16	0.06	-8.37792	-36.90457
PE	6	P0106	23.00	14.80	9.44	0.181	0.09	7.33	0.122	2.99	2.16	0.20	0.08	-8.37866	-36.90421
PE	7	P0107	23.17	14.80	8.21	0.157	0.08	7.49	0.105	1.02	1.67	0.47	0.15	-8.37892	-36.90391
PE	8	P0108	23.24	0.00	7.90	0.157	0.08	11.36	0.106	0.05	1.29	1.89	0.15	-8.37980	-36.90520
PE	9	P0109	22.53	0.00	8.59	0.080	0.04	6.46	0.055	0.13	0.70	0.43	0.56	-8.38000	-36.90327
PE	10	P0110	22.59	0.00	8.89	0.083	0.04	7.74	0.057	0.26	0.68	0.22	0.32	-8.37621	-36.88624
PE	11	P0111	22.57	0.00	8.69	0.116	0.06	6.49	0.079	0.34	1.43	0.17	0.62	-8.37926	-36.89538
PE	12	P0112	22.80	0.00	9.09	0.080	0.04	7.65	0.054	0.67	1.10	1.38	0.10	-8.37944	-36.89074
PE	13	P0113	22.82	0.05	8.87	0.112	0.05	7.59	0.076	0.28	0.79	0.69	0.65	-8.37917	-36.89407
PE	14	P0114	22.82	0.05	8.87	0.112	0.05	7.59	0.076	0.28	0.79	0.69	0.65	-8.38085	-36.89571
PE	15	P0115	22.44	0.70	8.37	0.099	0.05	6.38	0.067	0.10	0.94	0.07	1.18	-8.38070	-36.90363
PE	16	P0201	23.28	0.20	8.65	0.135	0.07	8.00	0.091	0.30	1.32	0.26	0.21	-8.20848	-36.09060
PE	17	P0202	22.48	14.80	8.37	0.077	0.04	6.06	0.052	0.12	1.04	0.91	1.13	-8.20894	-36.09063
PE	18	P0206	22.37	14.80	8.28	0.126	0.06	6.26	0.086	0.10	1.08	0.52	0.54	-8.20693	-36.09148
PE	19	P0207	22.71	0.00	8.39	0.114	0.06	6.46	0.078	0.10	0.87	0.15	1.04	-8.20844	-36.09195
PE	20	P0208	22.48	2.17	8.54	0.086	0.04	6.34	0.058	0.12	0.68	0.11	0.81	-8.20390	-36.09240
PE	21	P0209	23.18	0.05	8.82	0.327	0.16	7.12	0.220	0.99	2.77	1.30	0.27	-8.28660	-36.09257
PE	22	P0210	22.45	0.90	8.41	0.068	0.03	5.84	0.046	0.09	0.76	1.05	0.71	-8.36703	-36.91750
PE	23	P0211	22.54	0.00	8.15	0.158	0.08	6.16	0.108	0.07	1.05	2.99	0.58	-8.35655	-36.90985
PE	24	P0212	22.48	0.00	8.62	0.075	0.04	6.36	0.051	0.19	0.95	0.15	1.09	-8.35670	-36.90170
PE	25	P0213	22.36	0.00	8.44	0.175	0.09	6.68	0.120	0.14	1.10	0.65	1.45	-8.35642	-36.90199
PE	26	P0214	22.50	0.65	8.63	0.078	0.04	6.10	0.053	0.13	0.61	0.22	0.51	-8.36083	-36.89377
PE	27	P0215	22.30	14.80	8.28	0.116	0.06	5.93	0.08	0.11	1.21	0.27	1.10	-8.37255	-36.88186
PE	28	P0216	22.37	14.80	8.48	0.117	0.06	6.19	0.080	0.15	1.02	0.26	0.79	-8.37423	-36.88409
PE	29	P0217	22.39	0.00	8.24	0.119	0.06	6.38	0.082	0.15	1.73	0.18	1.16	-8.37963	-36.90340
PE	30	P0218	23.10	0.80	8.49	0.095	0.05	7.84	0.064	0.10	0.63	0.25	0.69	-8.38462	-36.90695
PE	31	P0301	23.31	0.00	8.76	0.117	0.06	7.99	0.079	0.23	0.75	0.93	0.30	-8.20173	-36.05190
PE	32	P0302	23.21	14.80	8.62	0.106	0.05	7.95	0.072	0.14	0.68	0.47	0.32	-8.20138	-36.06516
PE	33	P0303	23.38	2.20	8.54	0.092	0.04	7.67	0.062	0.12	0.65	0.27	0.26	-8.20109	-36.06507
PE	34	P0304	23.33	0.50	9.04	0.406	0.20	8.00	0.273	1.04	1.84	10.98	0.31	-8.22960	-36.08168
PE	35	P0306	23.29	1.00	8.96	0.110	0.05	7.31	0.074	0.43	0.94	0.90	0.12	-8.22122	-36.08624
PE	36	P0307	23.28	0.00	8.57	0.111	0.05	7.91	0.074	0.14	0.74	0.61	0.31	-8.21914	-36.08686
PE	37	P0308	23.29	0.10	8.82	0.252	0.12	7.41	0.170	0.62	1.80	4.35	0.33	-8.19963	-36.08374
PE	38	P0309	23.27	4.55	8.36	0.178	0.09	7.75	0.120	0.06	0.49	1.90	0.29	-8.20986	-36.07366
PE	39	P0310	22.59	0.00	8.65	0.102	0.05	7.71	0.070	0.15	0.71	0.34	0.74	-8.37423	-36.88770
PE	40	P0311	22.60	0.05	8.79	0.105	0.05	7.87	0.072	0.27	0.90	0.25	0.80	-8.37739	-36.88844
PE	41	P0312	22.63	0.10	8.95	0.121	0.06	8.03	0.08	0.47	1.10	0.33	0.52	-8.37723	-36.88698
PE	42	P0313	22.56	1.85	8.47	0.256	0.13	6.82	0.175	0.22	1.42	8.22	1.94	-8.37426	-36.89454
PE	43	P0314	22.77	0.10	8.70	0.094	0.05	7.86	0.064	0.21	0.84	0.63	0.52	-8.37670	-36.89312
PE	44	P0317	22.93	0.00	8.45	0.030	0.01	6.16	0.021	0.05	0.33	0.16	0.23	-8.38199	-36.89716
PE	45	P0318	22.79	0.00	8.58	0.098	0.05	8.29	0.066	0.15	0.77	0.34	0.74	-8.38113	-36.89807
PE	46	P0319	22.62	1.30	8.36	0.092	0.04	5.73	0.062	0.10	0.88	0.09	0.64	-8.38317	-36.90484
PE	47	P0402	23.13	2.90	7.79	0.069	0.03	6.46	0.047	0.02	0.51	5.17	0.05	-8.08841	-36.04294
PE	48	P0403	23.17	3.95	8.07	0.032	0.01	6.77	0.022	0.01	0.20	1.06	0.03	-8.08865	-36.04295
PE	49	P0405	23.19	14.80	7.81	0.308	0.15	7.15	0.207	0.06	1.87	58.03	1.05	-8.08893	-36.04309
PE	50	P0406	22.93	1.40	8.53	0.259	0.13	7.11	0.175	0.48	2.82	3.09	0.91	-8.08948	-36.04329



PE	51	P0407	22.93	6.30	8.35	0.235	0.12	7.05	0.159	0.31	2.63	1.81	1.38	-8.09309	-36.04176
PE	52	P0408	22.97	2.00	8.21	0.057	0.03	11.96	0.039	0.04	0.55	0.31	0.23	-8.08533	-36.03861
PE	53	P0409	22.67	0.80	8.89	0.202	0.10	8.35	0.137	0.72	1.92	0.53	0.72	-8.34915	-36.89685
PE	54	P0410	22.80	0.00	8.34	0.076	0.04	6.42	0.051	0.07	0.61	0.15	0.54	-8.35233	-36.90299
PE	55	P0411	22.66	10.50	8.91	0.091	0.04	7.90	0.062	0.34	0.88	0.53	0.31	-8.36303	-36.89152
PE	56	P0412	23.03	0.00	8.51	0.110	0.05	6.17	0.074	0.13	0.79	0.11	0.60	-8.36196	-36.89050
PE	57	P0413	22.68	0.00	8.83	0.132	0.06	7.61	0.090	0.46	1.42	0.35	0.54	-8.36530	-36.89280
PE	58	P0415	22.70	0.10	8.56	0.115	0.06	7.82	0.078	0.17	0.98	0.69	0.65	-8.36540	-36.89058
PE	59	P0416	22.72	0.00	8.78	0.081	0.04	7.90	0.055	0.26	0.88	0.21	0.39	-8.36601	-36.89004
PE	60	P0417	22.93	0.50	8.23	0.057	0.03	5.69	0.038	0.05	0.55	0.25	0.66	-8.36805	-36.88573
PE	61	P0501	22.99	0.00	9.58	0.081	0.04	8.47	0.055	1.66	0.86	3.81	0.06	-8.09909	-36.04797
PE	62	P0502	22.89	0.50	8.89	0.035	0.02	7.18	0.024	0.72	1.90	1.23	0.07	-8.09970	-36.04607
PE	63	P0503	23.11	0.93	8.23	0.769	0.39	7.72	0.519	0.14	1.60	84.44	1.71	-8.09723	-36.04315
PE	64	P0504	23.38	0.80	8.26	0.582	0.29	7.63	0.390	0.19	1.99	84.44	1.13	-8.09516	-36.04282
PE	65	P0505	23.05	0.00	9.10	0.144	0.07	8.12	0.098	1.04	1.66	9.95	0.21	-8.09516	-36.04272
PE	66	P0506	22.99	0.20	8.66	0.231	0.12	7.41	0.156	1.04	1.36	33.42	0.60	-8.09514	-36.04285
PE	67	P0507	23.26	6.85	8.28	0.213	0.10	7.99	0.143	0.14	1.45	9.94	0.19	-8.09785	-36.04233
PE	68	P0509	23.14	0.10	8.36	0.053	0.02	6.16	0.036	0.13	1.11	0.09	1.60	-8.35390	-36.89839
PE	69	P0510	23.12	0.05	8.98	0.147	0.07	6.37	0.099	0.64	1.37	4.26	0.28	-8.35690	-36.89826
PE	70	P0511	23.24	0.00	8.48	0.143	0.07	6.61	0.096	0.17	1.09	0.88	0.65	-8.35780	-36.90050
PE	71	P0512	23.31	0.00	8.90	0.146	0.07	6.58	0.098	0.38	0.94	0.35	0.36	-8.36308	-36.90068
PE	72	P0513	23.17	0.00	8.16	0.089	0.04	8.33	0.060	0.06	0.87	0.33	0.75	-8.36987	-36.89338
PE	73	P0514	23.18	0.20	8.53	0.126	0.06	7.90	0.085	0.16	0.91	0.72	0.83	-8.36769	-36.89122
PE	74	P0515	23.09	0.02	8.42	0.131	0.06	6.93	0.088	0.12	0.92	1.90	0.60	-8.36764	-36.89070
PE	75	P0516	23.17	0.11	8.62	0.101	0.05	6.47	0.068	0.19	0.87	0.69	0.72	-8.37040	-36.88353
PE	76	P0601	23.26	0.90	8.45	0.385	0.19	6.79	0.259	0.30	2.09	16.47	1.21	-8.09108	-36.04284
PE	77	P0602	22.99	0.00	7.59	0.065	0.03	5.70	0.044	0.02	1.17	0.18	0.39	-8.09091	-36.04264
PE	78	P0603	23.02	0.30	7.53	0.140	0.07	7.16	0.094	0.03	1.50	9.74	0.49	-8.09388	-36.04246
PE	79	P0607	23.32	1.95	7.89	0.169	0.08	7.61	0.113	0.08	1.52	11.57	0.47	-8.09337	-36.04219
PE	80	P0609	22.95	0.85	8.31	0.129	0.06	6.07	0.087	0.11	1.03	0.33	0.58	-8.54361	-36.64392
PE	81	P0610	22.88	0.05	8.37	0.133	0.06	6.03	0.090	0.19	1.60	0.13	1.28	-8.54430	-36.64318
PE	82	P0611	23.24	0.35	8.55	0.225	0.11	8.25	0.151	0.23	1.22	2.61	1.59	-8.55331	-36.65193
PE	83	P0612	22.90	14.80	8.09	0.130	0.06	6.25	0.088	0.04	0.68	0.19	0.68	-8.55467	-36.65387
PE	84	P0613	22.90	0.10	8.68	0.132	0.06	8.03	0.089	0.22	0.90	0.78	0.51	-8.55573	-36.65842
PE	85	P0614	22.69	1.50	8.95	0.164	0.08	7.35	0.111	0.73	1.66	2.89	0.28	-8.55743	-36.66080
PE	86	P0615	23.01	0.00	8.73	0.253	0.12	7.64	0.171	0.41	1.55	4.07	1.21	-8.55828	-36.66433
PE	87	P0618	22.47	0.50	8.87	0.074	0.04	7.84	0.050	0.35	0.98	0.25	0.37	-8.55686	-36.67351
PE	88	P0619	22.67	0.25	8.75	0.250	0.12	5.48	0.170	0.54	1.99	10.87	0.26	-8.56217	-36.67732
PE	89	P0701	22.90	0.00	8.37	0.095	0.05	7.17	0.064	0.14	1.23	0.11	0.71	-8.08462	-36.04017
PE	90	P0702	23.05	6.80	8.41	0.478	0.24	7.20	0.323	0.20	1.51	58.00	1.20	-8.08445	-36.03961
PE	91	P0703	22.94	0.00	8.30	0.143	0.07	6.81	0.097	0.12	1.17	0.74	0.37	-8.08455	-36.04072
PE	92	P0704	23.02	8.30	8.85	0.142	0.07	7.78	0.096	0.38	1.08	5.47	0.12	-8.08624	-36.04038
PE	93	P0705	22.95	1.60	8.18	0.083	0.04	7.15	0.056	0.09	1.16	0.15	0.51	-8.08559	-36.03913
PE	94	P0706	23.02	1.58	8.83	0.064	0.03	5.20	0.043	0.29	0.72	0.29	0.27	-8.08592	-36.04266
PE	95	P0707	23.01	2.80	7.93	0.045	0.02	6.05	0.030	0.03	0.61	0.22	0.55	-8.08568	-36.04274
PE	96	P0708	23.03	0.00	8.20	0.261	0.13	8.68	0.177	0.12	1.43	14.08	0.82	-8.08579	-36.04288
PE	97	P0709	23.15	3.50	8.64	0.134	0.06	7.81	0.091	0.26	1.17	0.92	0.21	-8.08439	-36.04081
PE	98	P0710	23.09	5.60	8.13	0.051	0.02	7.01	0.034	0.02	0.33	3.23	0.16	-8.08552	-36.03852
PE	99	P0711	22.42	2.00	8.41	0.177	0.09	8.05	0.121	0.15	1.21	4.68	2.84	-8.54526	-36.64233
PE	100	P0712	22.65	0.00	8.75	0.154	0.08	7.71	0.105	0.41	1.49	2.06	0.36	-8.54442	-36.64226
PE	101	P0713	22.94	0.05	8.94	0.131	0.06	8.13	0.089	0.64	1.45	0.32	0.47	-8.54560	-36.64276
PE	102	P0714	22.32	2.75	8.38	0.219	0.11	8.62	0.150	0.15	1.28	5.94	0.94	-8.55309	-36.65155
PE	103	P0715	22.93	3.05	8.23	0.082	0.04	4.88	0.055	0.08	0.92	0.69	0.84	-8.55442	-36.65365
PE	104	P0716	22.46	4.03	8.74	0.131	0.06	7.32	0.090	0.26	1.00	0.34	1.45	-8.55501	-36.65590
PE	105	P0717	22.75	0.10	8.48	0.283	0.14	7.95	0.193	0.24	1.62	1.60	1.48	-8.55612	-36.65575
PE	106	P0718	22.35	0.00	8.50	0.051	0.02	8.40	0.035	0.07	0.49	0.73	0.18	-8.55586	-36.65654
PE	107	P0719	22.85	0.15	8.19	0.116	0.06	8.41	0.078	0.06	0.78	0.33	1.15	-8.55720	-36.66490
PE	108	P0720	22.28	0.20	8.53	0.106	0.05	8.41	0.072	0.11	0.69	0.90	0.58	-8.56112	-36.67087
PE	109	P0721	22.41	9.40	8.62	0.118	0.06	8.28	0.081	0.13	0.67	0.25	1.36	-8.56193	-36.67266
PE	110	P0722	22.82	0.10	8.19	0.065	0.03	6.25	0.044	0.06	0.73	0.25	0.69	-8.56152	-36.67300
PE	111	P0725	22.61	0.20	8.25	0.169	0.08	8.54	0.115	0.10	1.13	0.53	1.31	-8.56350	-36.67640

PE	112	P0726	22.66	0.20	8.35	0.152	0.07	10.52	0.103	0.09	0.84	0.17	2.30	-8.56375	-36.67690
PE	113	P0727	22.79	0.00	8.96	0.105	0.05	7.59	0.071	0.47	1.04	0.38	0.46	-8.56362	-36.67741
PE	114	P0801	23.18	0.00	7.58	0.391	0.19	5.98	0.263	0.04	2.04	32.84	1.35	-8.08868	-36.06915
PE	115	P0802	23.02	14.80	8.36	0.055	0.03	8.12	0.037	0.07	0.64	0.38	0.61	-8.08733	-36.06891
PE	116	P0803	23.27	0.90	8.02	0.047	0.02	6.43	0.032	0.03	0.54	0.83	0.08	-8.08508	-36.06865
PE	117	P0804	23.11	0.30	8.13	0.020	0.01	10.91	0.014	0.11	1.58	84.44	2.12	-8.08313	-36.07096
PE	118	P0806	23.39	0.30	8.62	0.132	0.06	7.92	0.088	0.28	1.28	0.36	0.20	-8.07956	-36.07154
PE	119	P0807	23.10	14.80	8.11	0.037	0.02	7.58	0.025	0.03	0.40	0.47	0.04	-8.08335	-36.06742
PE	120	P0808	23.13	0.47	8.34	0.040	0.02	6.90	0.027	0.08	0.72	0.07	0.50	-8.08355	-36.06767
PE	121	P0809	22.93	4.63	8.34	0.203	0.10	8.03	0.138	0.27	2.18	0.92	0.67	-8.80891	-36.07477
PE	122	P0811	22.52	0.00	8.22	0.056	0.03	6.04	0.038	0.08	1.01	0.25	1.35	-8.37647	-36.92149
PE	123	P0812	22.44	0.00	8.29	0.073	0.04	6.26	0.050	0.08	0.85	1.73	0.34	-8.38501	-36.91692
PE	124	P0813	22.46	0.00	8.58	0.066	0.03	6.25	0.045	0.16	0.82	0.13	0.45	-8.38818	-36.91078
PE	125	P0814	22.55	14.80	8.55	0.101	0.05	6.38	0.069	0.24	1.34	0.13	0.42	-8.39186	-36.90874
PE	126	P0901	22.99	0.20	8.37	0.213	0.10	7.61	0.144	0.33	2.57	0.61	0.60	-8.59093	-36.28978
PE	127	P0902	23.09	4.90	8.08	0.143	0.07	7.03	0.096	0.06	0.94	0.70	0.91	-8.07642	-36.06513
PE	128	P0903	22.92	0.50	8.35	0.061	0.03	7.98	0.041	0.08	0.73	0.17	0.51	-8.07643	-36.06514
PE	129	P0905	23.07	3.43	8.50	0.141	0.07	8.30	0.095	0.22	1.41	4.24	1.16	-8.80761	-36.06532
PE	130	P0906	23.11	6.40	8.60	0.058	0.03	7.64	0.039	0.13	0.62	1.12	0.34	-8.07876	-36.07284
PE	131	P0907	22.91	6.60	8.40	0.042	0.02	7.00	0.029	0.09	0.71	0.10	0.24	-8.08311	-36.06651
PE	132	P0908	23.01	0.20	8.11	0.068	0.03	7.09	0.046	0.06	0.98	0.06	1.13	-8.08864	-36.07470
PE	133	P0909	22.43	0.60	8.36	0.182	0.09	6.61	0.124	0.09	0.88	1.03	1.33	-8.37749	-36.91910
PE	134	P0910	22.44	1.93	8.36	0.141	0.07	6.38	0.097	0.15	1.39	2.65	1.29	-8.38578	-36.91919
PE	135	P0911	22.49	0.00	8.46	0.084	0.04	6.40	0.057	0.10	0.76	0.07	0.99	-8.38583	-36.91935
PE	136	P0912	22.49	3.95	8.58	0.155	0.08	6.46	0.106	0.27	1.44	0.17	1.10	-8.39046	-36.90962
PE	137	P0913	22.46	0.00	8.35	0.122	0.06	5.12	0.083	0.11	1.04	0.33	1.09	-8.39801	-36.90826
PE	138	P1001	22.45	1.50	8.35	0.104	0.05	6.44	0.071	0.11	1.05	0.13	0.77	-8.20703	-36.11547
PE	139	P1002	22.46	10.60	8.46	0.075	0.04	6.41	0.051	0.10	0.71	0.11	0.61	-8.20535	-36.11883
PE	140	P1003	22.51	0.65	8.35	0.043	0.02	6.49	0.029	0.07	0.61	0.19	0.40	-8.20742	-36.11537
PE	141	P1004	22.45	0.00	8.50	0.094	0.05	6.46	0.064	0.13	0.84	0.10	0.86	-8.20696	-36.11434
PE	142	P1005	22.43	0.90	8.45	0.091	0.04	6.26	0.062	0.10	0.71	0.24	0.46	-8.20685	-36.11281
PE	143	P1006	22.65	14.80	8.49	0.091	0.04	6.50	0.062	0.15	1.02	0.21	0.31	-8.20711	-36.11737
PE	144	P1007	22.51	8.70	8.58	0.083	0.04	6.14	0.057	0.13	0.71	0.05	0.88	-8.20789	-36.10931
PE	145	P1008	22.48	0.10	8.57	0.086	0.04	6.33	0.058	0.12	0.69	0.14	0.58	-8.20766	-36.10943

## Indicadores de qualidade de água em diversos países

Tabela 15: Concentração máxima permitida de alguns indicadores de qualidade de água em diversos países.

Uso Parâmetros	Água de consumo Humano					
	OMS <sup>a</sup>	UE <sup>a</sup>	Canadá <sup>a</sup>	USA <sup>a</sup>	Rússia <sup>a2</sup>	Brasil
Cor (TCU)	15	20mg l <sup>-1</sup> Pt-Co	15	15	20	75
Sólidos Totais Dissolvidos (mg l <sup>-1</sup> )	1.000		500	500	1.000	*
Sólidos Totais em Suspensão (mg l <sup>-1</sup> )						*
Turbidez (NTU)	5,0	4 JTU	5	0,5-1,0		100
PH	<8.0 <sup>4</sup>	6.5 <sup>1</sup> -8.5 <sup>1</sup>	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0
Oxigênio Dissolvido (mg l <sup>-1</sup> )					4.0	>5.0
Nitrogênio Amoniacal (mg l <sup>-1</sup> )					2.0	0.02
Íon amonio (mg l <sup>-1</sup> )		0.5			2.0	
Nitrato-N (mg l <sup>-1</sup> )			10.0	10.0		
Nitrato (mg l <sup>-1</sup> )	50	50			45	10.0
Nitrito-N (mg l <sup>-1</sup> )			1.0	1.0		
Nitrito (mg l <sup>-1</sup> )	3(P)	0.1			3.0	1.0
Fósforo (mg l <sup>-1</sup> )		5.0				0.025
DBO (mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )					3.0	5.0
Sódio (mg l <sup>-1</sup> )	200	150				
Cloreto (mg l <sup>-1</sup> )	250	25 <sup>1</sup>	250	250	350	250
Cloreto (mg l <sup>-1</sup> )	5					
Sulfato (mg l <sup>-1</sup> )	250	250	500	250	500	
Sulfito (mg l <sup>-1</sup> )			0,05			
Fluoreto (mg l <sup>-1</sup> )	1,5	1,5	1,5	2,0	<1,5	
Boro (mg l <sup>-1</sup> )	0,3	1.0 <sup>1</sup>	5,0		0,3	
Cianeto (mg l <sup>-1</sup> )	0,07	0,05	0,2	0,2(PP)	0,07	
<b>Elementos Traços</b>						
Alumínio (mg l <sup>-1</sup> )	0,2	0,2			0,5	
Arsênico (mg l <sup>-1</sup> )	0,01(P)	0,05	0,05	0,05	0,01	0.05 <sup>a</sup>
Bário (mg l <sup>-1</sup> )	0,7	0,1 <sup>1</sup>	1,0	2,0	0,7	
Cádmio (mg l <sup>-1</sup> )	0,003	0,005	0,005	0,005	0,003	0.001
Cromo (mg l <sup>-1</sup> )	0,05(P)	0,05	0,05	0,1	0,05	0.05
Cobalto (mg l <sup>-1</sup> )					0,1	
Cobre (mg l <sup>-1</sup> )	2(P)	0,1 <sup>1</sup> - 3,0 <sup>1</sup>	1,0	1,0	2,0	0.02
Ferro (mg l <sup>-1</sup> )	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0.3(S)

Chumbo (mg l <sup>-1</sup> )	0,01	0,05	0,05	0,015	0,01	0,03
Manganês (mg l <sup>-1</sup> )	0,5(P)	0,05	0,05	0,05	0,5	
Mercúrio (mg l <sup>-1</sup> )	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	
Níquel (mg l <sup>-1</sup> )	0,02	0,05			0,02	
Selênio (mg l <sup>-1</sup> )	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	
Zinco (mg l <sup>-1</sup> )	3,0	0,1 <sup>1</sup> -5,0 <sup>1</sup>	5,0	5,0	5,0	0.18

#### Contaminantes Orgânicos

Óleo e produtos de petróleo (mg l <sup>-1</sup> )	0,01				0,1	0.00
Pesticidas Totais (µg l <sup>-1</sup> )		0,5	100		0,1	
Aldrin e Dieldrin (µg l <sup>-1</sup> )	0,03		0,7			
DDT (µg l <sup>-1</sup> )	2,0		30,0		2,0	
Lindane (µg l <sup>-1</sup> )	2		4,0	0,2	2,0	
Methoxochlor (µg l <sup>-1</sup> )	20,0		100,0	40,0		
Benzeno (µg l <sup>-1</sup> )	10,0			5,0		
Pentachlorophenol (µg l <sup>-1</sup> )	9(P)			10,0	10,0	
Fenóis (µg l <sup>-1</sup> )		0,5	2,0		1,0	
Detergentes (µg l <sup>-1</sup> )		0,2		0,5 <sup>12</sup>	0,5	0.5

#### Análises Microbiológicas

Coliformes fecais (NMP 100ml)	0	0	0		0	1000
Coliformes totais (NMP 100ml)	0		10 <sup>13</sup>	1,0	0,3	5000

OMS - Organização Mundial da Saúde      UE – União Européia      (PP) – Valor proposto

UE – União Européia      (P) – Valor provisório      (S) – Solúvel

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio      <sup>1</sup> Valor padrão      <sup>4</sup> agente espumante

TCU – Unidade verdadeira de cor      <sup>2</sup> valor não adotado mas existente      <sup>5</sup> valor para uma única amostra

NTU – Unidade de turbidez nefelométrica      <sup>3</sup> valor para desinfecção efetiva com cloro