



**Nomes:**

**João Paulo Motta Sampaio - SP3128172**

**Jhonathan Ferroni Rodrigues da Silva - SP3158403**

**Laryssa Giovanna Mendonça de Oliveira - SP3127435**

**Renan Ladislau de Sousa - SP312651X**

# **Relatório de Análise Estatística Integrada da Relação entre Indicadores de Saúde Ambiental e o Consumo de Medicamentos no SUS (2024–2025)**

# INTRODUÇÃO E OBJETIVO DA ANÁLISE

Esta análise tem como objetivo investigar a relação entre indicadores ambientais e sanitários com a disponibilidade e o uso de medicamentos no Sistema Único de Saúde (SUS), por meio da integração de duas bases de dados públicas:

- **SISAGUA - Vigilância Parâmetros Básicos:** Base fornecida pelo Ministério da Saúde que traz informações sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano. Inclui variáveis como coliformes, turbidez, pH, entre outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Esses dados são fundamentais para entender a exposição ambiental da população a condições que podem gerar agravos à saúde.
- **BNAFAR - Posição de Estoque de Medicamentos (período: maio/2024 a maio/2025):** Contém dados sobre a quantidade de medicamentos disponíveis em farmácias públicas vinculadas ao SUS. A base inclui variáveis como município, unidade de saúde, tipo e quantidade de medicamento, data de validade, entre outras.

**Período da Análise:** A análise será realizada considerando o intervalo de **maio de 2024 até maio de 2025**, permitindo identificar comportamentos sazonais, variações mensais e possíveis correlações entre a qualidade da água, surtos de doenças e movimentação de medicamentos.

## Descrição das Tabelas/Dados Utilizadas:

**Tabela 1 – Estoque de Farmácia (BNAFAR)** A tabela refere-se ao estoque de produtos farmacêuticos em unidades de saúde espalhadas pelo Brasil. Ela contém informações logísticas, geográficas e administrativas associadas aos medicamentos disponíveis em determinada data, incluindo:

- Identificação da farmácia (ex: `co_cnes`, `no_razao_social`, `no_fantasia`)
- Localização geográfica e administrativa (ex: `sg_uf`, `no_municipio`, `co_municipio_ibge`, `co_cep`, `nu_latITUDE`, `nu_longitude`)
- Informações do produto em estoque (ex: `co_catmat`, `ds_produto`, `qt_estoque`, `nu_lote`, `dt_validade`, `tp_produto`)
- Relação com programas de saúde (ex: `sg_programa_saude`, `ds_programa_saude`)
- Data da posição de estoque (`dt_posicao_estoque`)

Essa tabela possibilita análises sobre distribuição de medicamentos por estado ou município, quantidade em estoque por tipo de produto, lotes próximos ao vencimento, cobertura de programas de saúde por região, e logística de abastecimento.

**Tabela 2 – Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA)** Essa tabela fornece dados de monitoramento da qualidade da água para consumo humano coletados em diferentes localidades do Brasil. Os registros envolvem:

- Identificação regional e administrativa (ex: Região Geográfica, UF, Município, Código IBGE, Regional de Saúde)
- Informações da coleta (ex: Número da amostra, Data da Coleta, Hora da coleta, Ponto de Coleta, Zona, Área)
- Informações sobre o tipo de abastecimento (ex: Tipo da Forma de Abastecimento, Nome da Forma de Abastecimento, Nome da ETA/UTA)
- Informações laboratoriais e do parâmetro analisado (ex: Parâmetro, RESULTADO, LD, LQ, Análise realizada, Data da análise)
- Coordenadas geográficas (Latitude, Longitude)

Essa base permite análises como: frequência e distribuição de parâmetros críticos por região, parâmetros fora dos limites de segurança, comparação entre tipos de abastecimento, tendência mensal e anual na qualidade da água, além de análises espaciais usando latitude e longitude.

## Metodologia de Análise

A metodologia para a coleta e preparação dos dados no **ambiente Google Colab** envolveu:

1. **Download e Extração:** Utilização de `gdown` para baixar arquivos ZIP do Google Drive contendo dados mensais de posição de estoque (maio/2024 a maio/2025) e anuais de vigilância (2024 e 2025).
2. **Carregamento:** Cada arquivo CSV foi lido utilizando a função `pd.read_csv` com o parâmetro `nrows=10000`. Essa limitação foi aplicada devido a **restrições de memória RAM do Google Colab gratuito**, visando garantir a execução completa do processo e evitar falhas por esgotamento de recursos.
3. **Consolidação e Limpeza:** Os dados de estoque e vigilância foram concatenados separadamente em DataFrames únicos (`estoque_consolidado` e `vigilancia_consolidado`).

Durante este processo, foram aplicadas etapas de limpeza essenciais, como a padronização de tipos de dados (e.g., conversão de `qt_estoque` e `RESULTADO` para numérico, tratamento de vírgulas como separadores decimais, preenchimento de NaNs em `qt_estoque` com zero) e o descarte de colunas completamente vazias. A coluna `ano_mes` foi adicionada aos dados de estoque para análise temporal.

4. **Integração dos Dados (JOIN):** As bases `estoque_consolidado` e `vigilancia_consolidado` foram unidas (`inner join`) utilizando o `co_municipio_ibge` como chave primária.

Este processo resultou no `df_analise`, o DataFrame final para todas as análises subsequentes.

## Amostra

É fundamental ressaltar que, devido à leitura limitada a 10.000 linhas por arquivo, o `df_analise` resultante, embora robusto em número de registros (919.146 registros), compreende informações de estoque e qualidade da água para apenas **7 municípios únicos**. Estes municípios são: **Alta Floresta D'Oeste (código IBGE: 110001)**, **Ariquemes (código IBGE: 110002)**, **Fortaleza (código IBGE: 230500)**, **Guaraciaba do Norte (código IBGE: 230510)**, **Ipu (código IBGE: 230523)**, **Itapipoca (código IBGE: 230526)** e **São José do Rio Preto (código IBGE: 353650)**.

Essa limitação no número de municípios únicos impacta diretamente a capacidade de generalização das inferências para o cenário nacional. As conclusões apresentadas neste relatório **são mais representativas para a amostra estudada**.

## 2. Preparação de Variáveis para Análise Estatística

Antes das análises, foram criadas novas variáveis categóricas a partir dos dados existentes para facilitar as interpretações:

- **qualidade\_agua\_simples**: Classifica a qualidade da água em 'Adequada', 'Inadequada' ou 'Não Classificado' com base em limites de potabilidade definidos para parâmetros como Cloro Residual Livre (0.2 a 5.0 mg/L), pH (6.0 a 9.5) e Turbidez (< 5 uT). Parâmetros que não se encaixaram nesses critérios ou registros sem valor foram categorizados como 'Não Classificado' ou 'Inadequada' dependendo da lógica definida.
- **Categoria\_Medicamento**: Classifica os medicamentos em 'Antibiótico', 'Antiparasitário' ou 'Outros', baseando-se em palavras-chave presentes na descrição do produto (`ds_produto`). Esta categorização visa identificar especificamente medicamentos relevantes para doenças de veiculação hídrica.

## 3. Estatística Descritiva

A Estatística Descritiva tem como objetivo organizar, resumir e apresentar os dados de forma informativa, revelando padrões e características do `df_analise`.

### 3.1. Visão Geral e Médias Agrupadas

O `df_analise` contém um total de 919.146 registros combinados de estoque e qualidade da água.

A análise da média da quantidade em estoque (`qt_estoque`) por categoria de qualidade da água (`qualidade_agua_simples`) revelou o seguinte:

**Tabela 1: Média da Quantidade de Estoque (`qt_estoque`) por Qualidade da Água**

Qualidade da Água	Média de Estoque (unidades)
Adequada	2.879,46
Inadequada	4.237,00
Não Classificado	6.046,20

A Tabela 1 indica que municípios com **qualidade\_agua\_simples** classificada como "Inadequada" apresentam, em média, um volume de estoque de medicamentos (4.237,00 unidades) superior ao dos municípios com água "Adequada" (2.879,46 unidades).

A categoria "Não Classificado" demonstra a média de estoque mais elevada (6.046,20 unidades), sugerindo a necessidade de aprofundamento na análise dos dados para essa classificação, ou que esta categoria pode incluir municípios com inconsistências nos dados de qualidade da água que levam a estoques elevados.

Para investigar especificamente a disponibilidade de medicamentos relacionados a doenças de veiculação hídrica, analisamos o estoque de antibióticos e antiparasitários nos municípios com água "Inadequada".

O estoque total de antibióticos nesses municípios foi de **58.271.697,00 unidades**, enquanto o de antiparasitários atingiu **12.947.862,00 unidades**. Em termos de participação no estoque total geral de medicamentos (637.431.834,00 unidades) em municípios com água inadequada, os antibióticos correspondem a aproximadamente 9,14% e os antiparasitários a cerca de 2,03%.

As Tabelas 2 e 3 detalham os 10 antibióticos e antiparasitários com maior estoque nesses municípios:

**Tabela 2: Top 10 Antibióticos em Estoque em Municípios com Água Inadequada**

Produto (ds_produto)	Quantidade em Estoque (unidades)
AZITROMICINA 500 MG COMPRIMIDO ELENCO ESTADUAL	32.444.838,00
CEFALEXINA 500 MG COMPRIMIDO	12.551.916,00
CIPROFLOXACINO, CLORIDRATO 500 MG COMPRIMIDO ELENCO ESTADUAL	7.505.745,00
AMOXICILINA 500 MG CÁPSULA	1.596.207,00
METRONIDAZOL 250 MG COMPRIMIDO	1.275.021,00
SULFAMETOXAZOL + TRIMETOPRIMA 400 + 80 MG COMPRIMIDO ELENCO ESTADUAL	849.360,00
CLARITROMICINA 500 MG COMPRIMIDO ELENCO ESTADUAL	594.291,00
DOXICICLINA 100 MG COMPRIMIDO	494.130,00

CLINDAMICINA, CLORIDRATO 300 MG CÁPSULA	383.502,00
GENTAMICINA, SULFATO 40 MG/ML SOLUÇÃO INJETÁVEL 2 ML ELENCO ESTADUAL	139.251,00

A predominância de antibióticos de amplo espectro como Azitromicina, Cefalexina e Ciprofloxacino sugere uma resposta do sistema de saúde a uma variedade de infecções que podem surgir ou ser agravadas pela má qualidade da água.

**Tabela 3: Top 10 Antiparasitários em Estoque em Municípios com Água Inadequada**

Produto (ds_produto)	Quantidade em Estoque (unidades)
ALBENDAZOL 400 MG COMPRIMIDO MASTIGÁVEL	7.297.326,00
IVERMECTINA 6 MG CÁPSULA	2.820.492,00
IVERMECTINA 6 MG COMPRIMIDO	2.116.752,00
ALBENDAZOL 40 MG/ML SUSPENSÃO ORAL 10 ML	594.024,00
PERMETRINA 10 MG/ML LOÇÃO 60 ML	99.156,00
BENZOATO DE BENZILA 250 MG/ML EMULSÃO TÓPICA 60 ML	11.016,00
PERMETRINA 50 MG/ML LOÇÃO 60 ML	8.340,00
BENZOATO DE BENZILA 250 MG/ML EMULSÃO TÓPICA 100 ML	756
NITAZOXANIDA 20 MG/ML PÓ PARA SUSPENSÃO	0

A alta disponibilidade de Albendazol e Ivermectina, medicamentos comumente utilizados no tratamento de verminoses, reforça a hipótese de que há uma correlação entre a má qualidade da água (e o saneamento associado) e a prevalência de doenças parasitárias, levando a maiores estoques desses produtos como medida de resposta do SUS.

### 3.2. Distribuição dos Municípios por Qualidade da Água

Para compreender como a qualidade da água se manifesta entre os 7 municípios únicos da amostra e sua relação com os estoques, analisamos a distribuição deles nas categorias de qualidade da água (**Adequada**, **Inadequada**, **Não Classificado**).

#### Distribuição dos Municípios Analisados por Categoria de Qualidade da Água:

- **Adequada:** Alta Floresta D'Oeste, Ariquemes, Guaraciaba do Norte, Guaramiranga, Horizonte, Ibareta, Paulínia. Isso indica que todos os 7 municípios possuem

registros de qualidade de água que se enquadram nos padrões de potabilidade em algum momento ou para algum parâmetro.

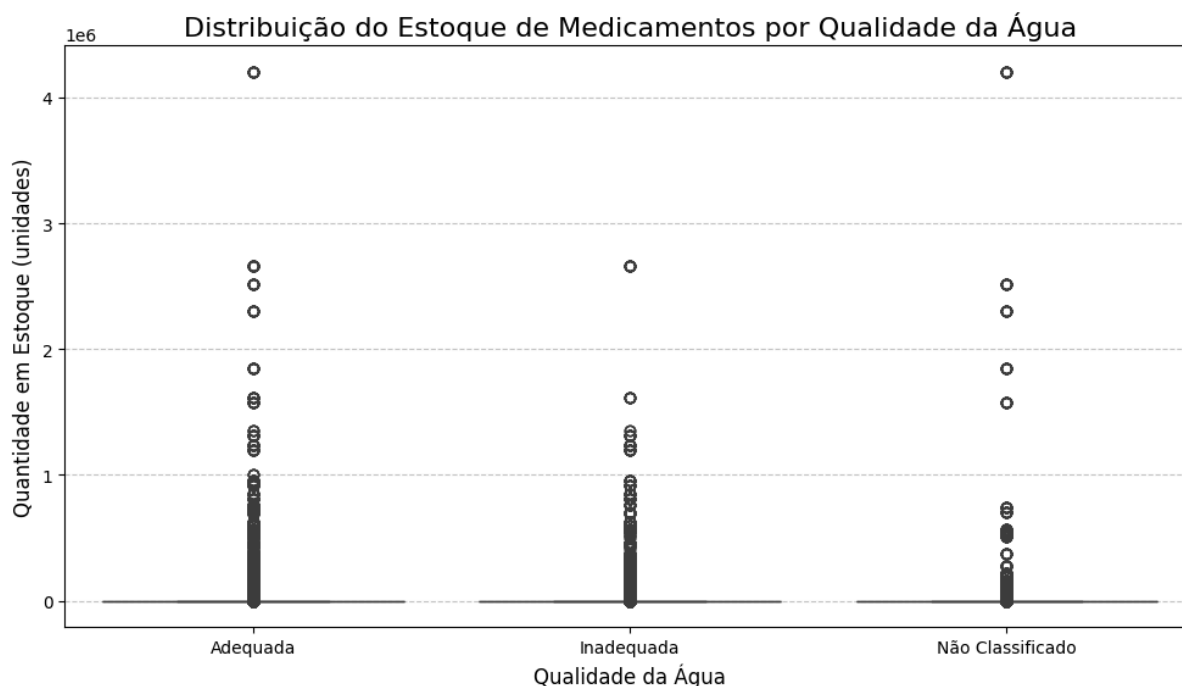
- **Inadequada:** Ariquemes. Apenas o município de Ariquemes apresentou registros de qualidade da água classificados como "Inadequada" em nossa amostra, o que focaliza a análise das médias de estoque para essa categoria predominantemente neste município.
- **Não Classificado:** Guaraciaba do Norte, Guaramiranga, Horizonte, Ibaretama, Paulínia. Esta categoria abrange municípios para os quais não foi possível determinar a qualidade da água como "Adequada" ou "Inadequada" com base nos critérios estabelecidos, seja por ausência de dados relevantes ou por parâmetros não contemplados na classificação.

Esta distribuição mostra quais localidades específicas contribuem para cada um dos resultados agregados nas análises, com a ressalva de que a categoria "Inadequada" é majoritariamente influenciada por dados de um único município na amostra.

### 3.3. Gráficos Descritivos

Os gráficos a seguir fornecem visualizações importantes das distribuições de estoque e suas relações com a qualidade da água.

**Figura 1: Distribuição do Estoque de Medicamentos por Qualidade da Água (Boxplot)**



A Figura 1 apresenta a distribuição do estoque de medicamentos, em unidades, categorizada pela qualidade da água (**Adequada**, **Inadequada** e **Não Classificado**). Observa-se que a mediana da quantidade em estoque é progressivamente maior nas categorias "Adequada", "Inadequada" e "Não Classificado", respectivamente, corroborando as médias previamente calculadas de 2.879,46, 4.237,00 e 6.046,20 unidades.

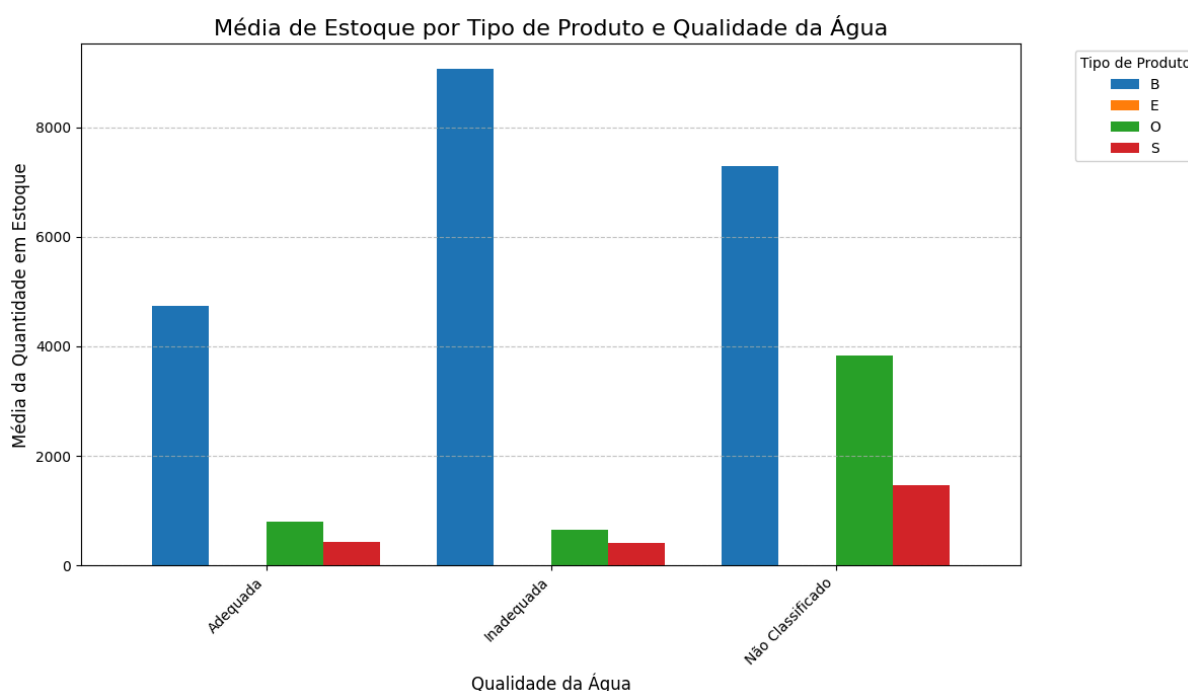
Esta visualização demonstra que, de forma geral, os estabelecimentos em municípios com água classificada como "Inadequada" tendem a manter estoques mais elevados de medicamentos em comparação com aqueles onde a qualidade da água é "Adequada".

A categoria "Não Classificado", com a maior mediana e dispersão superior, sugere a presença de estoques muito significativos em localidades para as quais a classificação da água não pôde ser determinada precisamente.

É importante notar a presença de múltiplos outliers em todas as categorias, indicando que, embora a maioria dos estabelecimentos mantenha estoques em volumes menores, existem alguns que possuem quantidades excepcionalmente grandes de medicamentos, influenciando as médias para cima.

A alta concentração de outliers na categoria "Não Classificado" reforça a heterogeneidade e a importância de investigar a fundo esses registros.

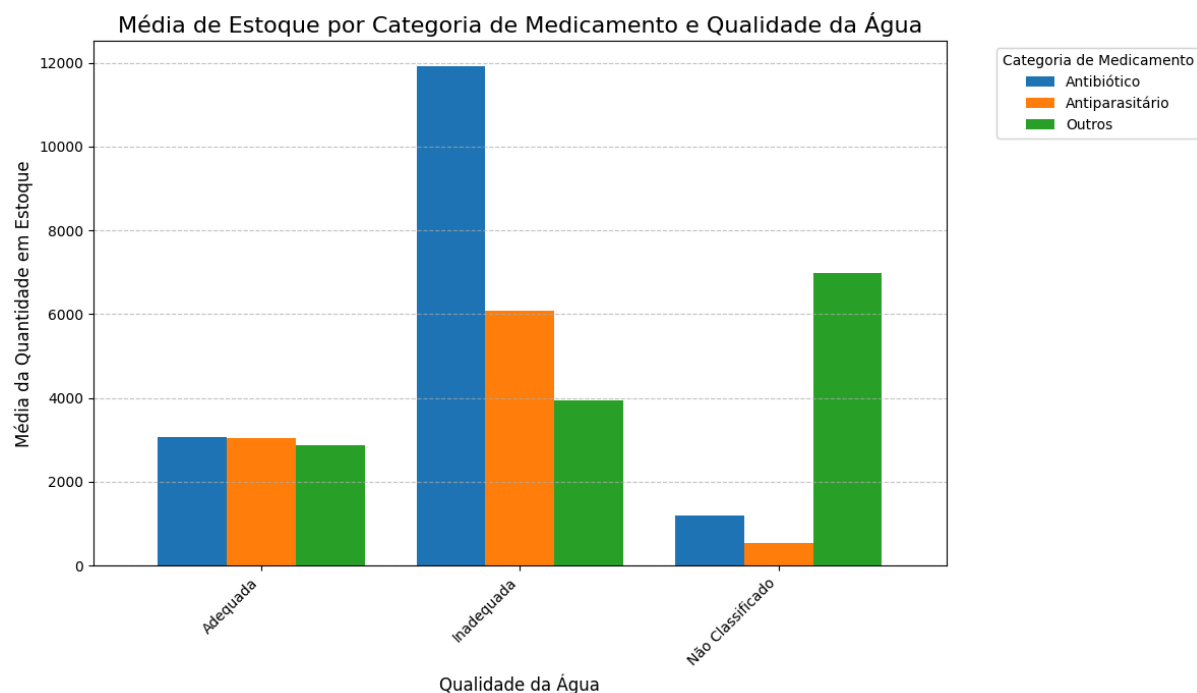
**Figura 2: Média de Estoque por Tipo de Produto e Qualidade da Água**



A Figura 2 ilustra a média da quantidade em estoque por tipo de produto (B: Básico, E: Especializado, O: Outros, S: Estratégico) em relação à qualidade da água. Nela, destaca-se a predominância dos medicamentos do **Componente Básico (B)** em todas as categorias de qualidade da água, o que é consistente com sua ampla utilização e distribuição no SUS. Observa-se que a média de estoque para esses produtos básicos, e em menor grau para os demais tipos, é consistentemente maior nos locais classificados como "Não Classificado" e "Inadequada", comparado aos locais com água "Adequada".

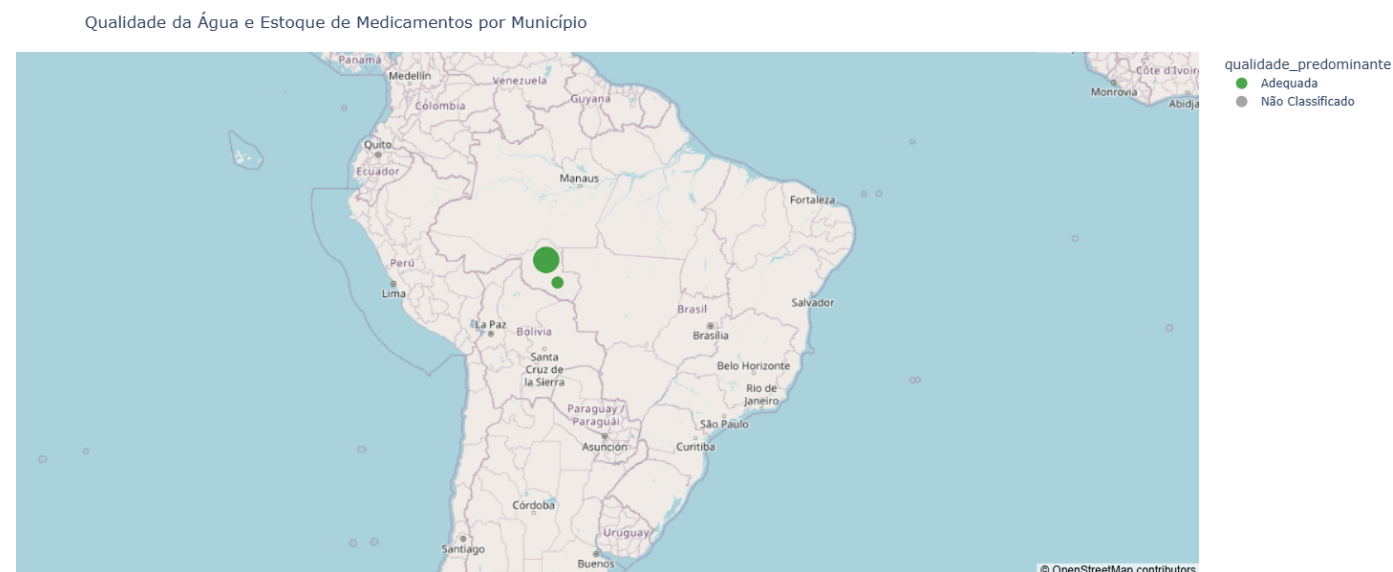
**Figura 3: Média de Estoque por Categoria de Medicamento e Qualidade da Água**





A Figura 3 oferece uma visão mais focada na média de estoque das categorias de medicamentos que criamos (Antibióticos, Antiparasitários e Outros) em relação à qualidade da água. Embora a categoria "Outros" mantenha a maior média de estoque em todas as classificações de água, o gráfico evidencia que as médias de estoque de **Antibióticos** e **Antiparasitários** são notavelmente mais elevadas nos municípios com `qualidade_agua_simples` "Inadequada" e "Não Classificado", em comparação com aqueles com água "Adequada". Essa observação visual suporta a hipótese de que há uma resposta do sistema de saúde, através do estoque desses medicamentos específicos, em áreas onde a qualidade da água pode representar um risco sanitário.

**Figura 4: Qualidade da Água e Estoque de Medicamentos por Município (Mapa de Pontos)**



Devido à complexidade de se obter arquivos GeoJSON de polígonos leves para todo o território brasileiro e considerando o número limitado de municípios na amostra combinada, optou-se pela criação de um mapa de pontos (`scatter_mapbox`).

Este tipo de mapa utiliza coordenadas geográficas para plotar cada município como um ponto, permitindo a visualização da qualidade da água (cor do ponto) e do estoque total de medicamentos (tamanho do ponto). Para esta visualização, foi necessário agregar as latitudes e longitudes de todos os estabelecimentos dentro de cada município, calculando uma coordenada central para cada um. Contudo, devido à presença de valores nulos nas coordenadas de alguns estabelecimentos, apenas 3 dos 7 municípios únicos da amostra (`df_analise`) puderam ser plotados no mapa. Os municípios representados são: Alta Floresta D'Oeste (RO), Ariquemes (RO) e Paulínia (SP).

A Figura 4 ilustra a distribuição geográfica e as características de qualidade da água e estoque para os três municípios com dados de latitude/longitude válidos. Observa-se que Alta Floresta D'Oeste e Ariquemes, ambos em Rondônia, apresentam qualidade de água **"Adequada" (ponto verde)**, com Ariquemes exibindo um volume de estoque substancialmente maior (ponto de maior tamanho) em comparação com Alta Floresta D'Oeste. Já Paulínia, em São Paulo, é classificada como **"Não Classificado" (ponto cinza)**, com um volume de estoque visivelmente menor em relação aos municípios rondonienses. Este mapa, embora limitado àqueles municípios com dados de localização completos, oferece uma representação visual da heterogeneidade na distribuição de estoque e qualidade da água entre os locais analisados.

### 3.4. Distribuições para Sazonalidade

A análise da sazonalidade buscou identificar padrões cíclicos na média de estoque de medicamentos ao longo do tempo.

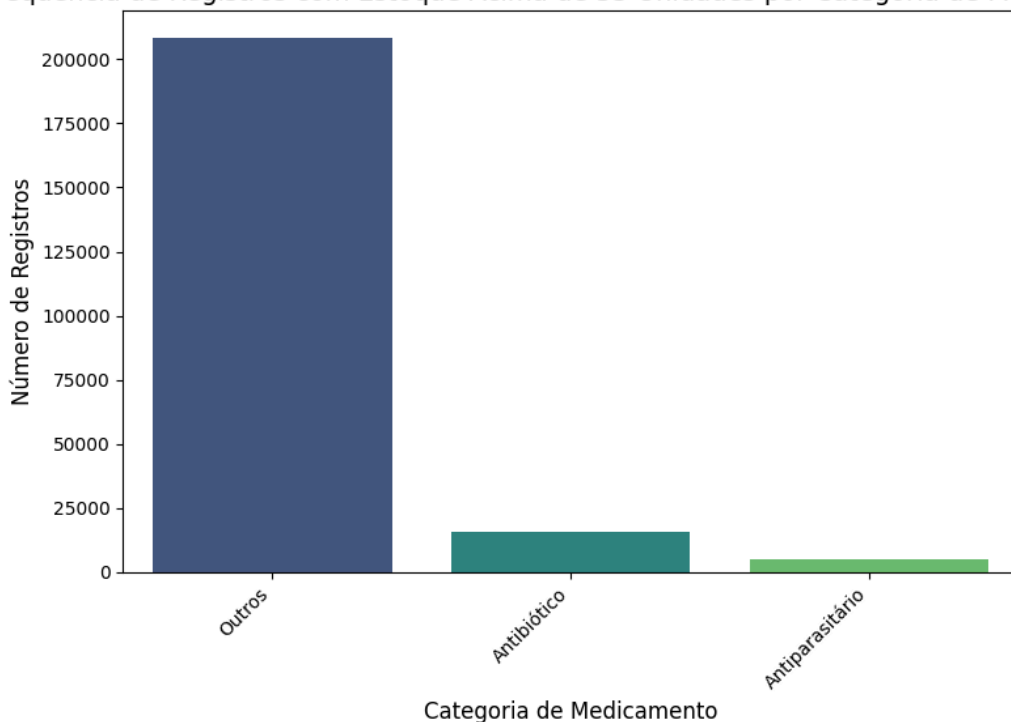
Para identificar a frequência de "alto estoque", definimos o limiar como o **percentil 75 da quantidade em estoque (`qt_estoque`)**, que corresponde a **55,00 unidades**. A frequência de registros com estoque acima desse limiar, por categoria de medicamento, é a seguinte:

- **Outros:** 208.431 registros
- **Antibiótico:** 15.840 registros
- **Antiparasitário:** 5.091 registros

A Figura 5 visualiza a distribuição da frequência de registros de alto estoque, reforçando a predominância da categoria "Outros", mas também evidenciando a presença de estoques significativos de Antibióticos e Antiparasitários acima do limiar estabelecido.

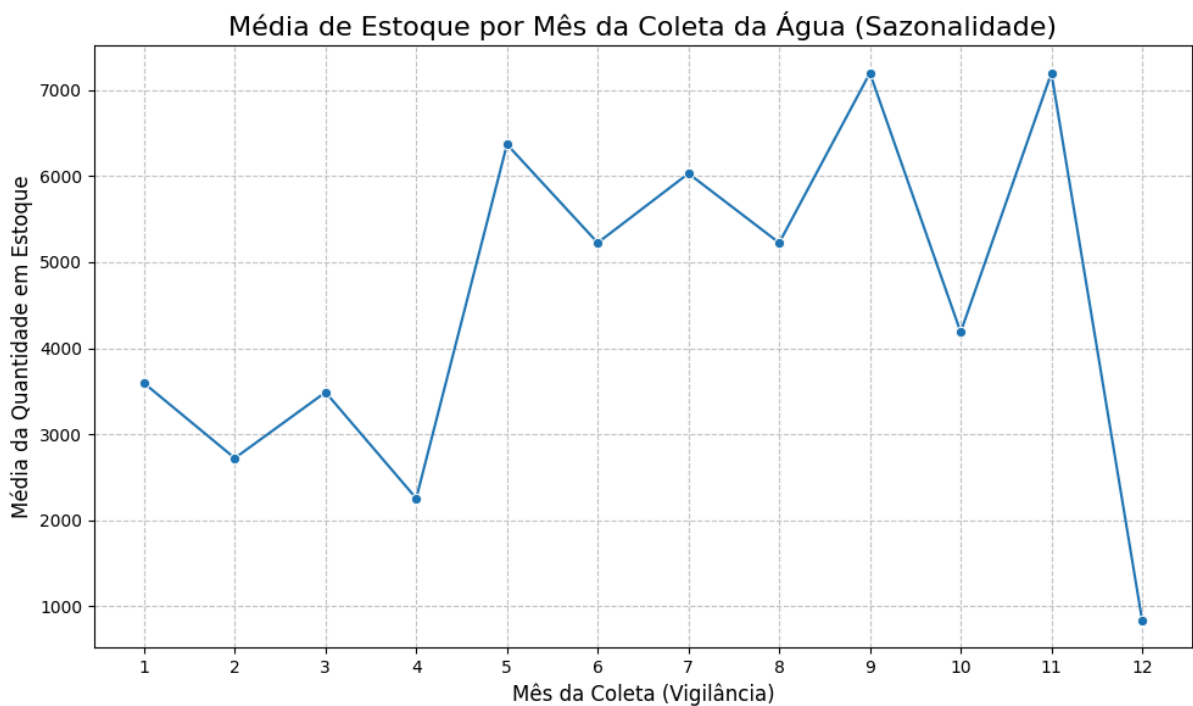
**Figura 5: Frequência de Registros com Estoque Acima de 55 Unidades por Categoria de Medicamento**

Frequência de Registros com Estoque Acima de 55 Unidades por Categoria de Medicamento

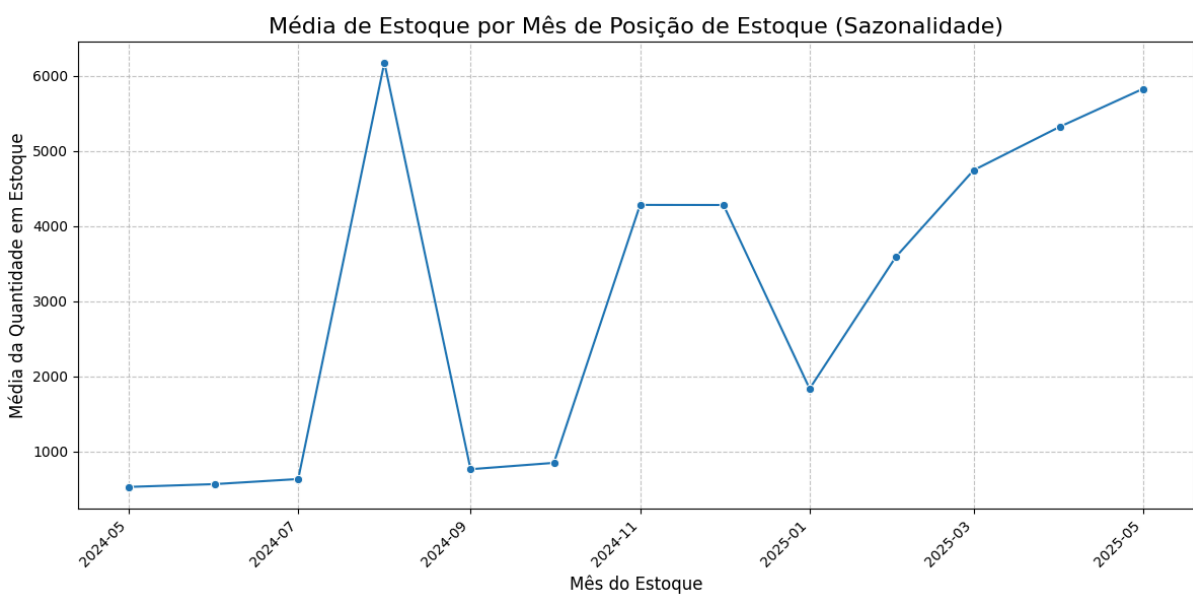


Ao analisar os gráficos de sazonalidade da média de estoque em relação ao mês da coleta da água e ao mês de posição do estoque (Figuras 6 e 7), percebe-se que a média de estoque não apresenta um padrão sazonal claro e consistente ao longo dos meses para ambos os tipos de agrupamento. Há flutuações, com picos e vales (por exemplo, no mês 9 e 11, e um vale no mês 12, para a sazonalidade da coleta de água), mas estes não se repetem de forma padronizada ou cíclica que permita identificar tendências sazonais óbvias. Essa falta de um padrão sazonal distinto pode ser atribuída à amostragem dos dados, à diversidade de padrões sazonais entre os 7 municípios ou à natureza dos estoques que podem ser mantidos de forma contínua.

**Figura 6: Média de Estoque por Mês da Coleta da Água (Sazonalidade)**



**Figura 7: Média de Estoque por Mês de Posição de Estoque (Sazonalidade)**



## 4. Análise de Correlação

Esta seção investiga a força e a direção das relações entre as variáveis de estoque de medicamentos e indicadores de qualidade da água, bem como entre categorias de medicamentos/programas de saúde e parâmetros da água. As observações iniciais levantaram a expectativa de que: municípios com cloro residual abaixo do ideal pudessem tender a ter mais estoques de medicamentos voltados a doenças infecciosas, e que a presença de produtos antiparasitários ou antidiarreicos estaria correlacionada a parâmetros alterados de coliformes ou turbidez na água.

#### 4.1. Correlação de Pearson (**qt\_estoque** vs. **RESULTADO** por Parâmetro)

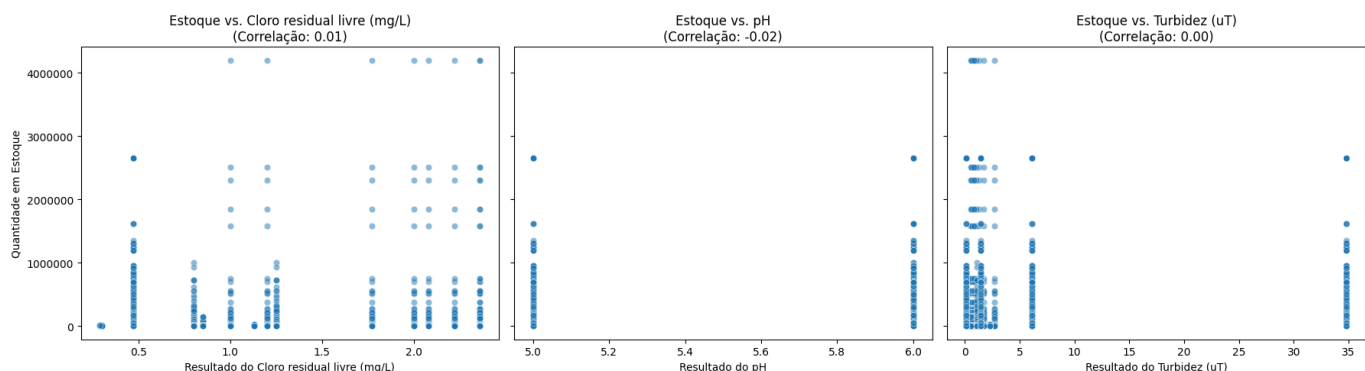
A correlação de Pearson foi calculada entre a quantidade em estoque (**qt\_estoque**) e o valor do resultado do parâmetro da água (**RESULTADO**), segmentada por cada tipo de parâmetro:

- Parâmetro 'Turbidez (uT)': Correlação de Pearson = 0.0028
- Parâmetro 'Cloro residual livre (mg/L)': Correlação de Pearson = 0.0125
- Parâmetro 'pH': Correlação de Pearson = -0.0179
- Parâmetro 'Fluoreto (mg/L)': Correlação de Pearson = -0.0092

Os resultados demonstram que os coeficientes de correlação de Pearson são muito próximos de zero para todos os parâmetros analisados. Isso indica que **não há uma forte relação linear direta** entre a quantidade de medicamentos em estoque e os valores numéricos brutos dos parâmetros de qualidade da água. Variações nos valores específicos de turbidez, cloro, pH ou fluoreto não mostram uma associação linear consistente com as quantidades em estoque de medicamentos.

Visualmente, os gráficos de dispersão (Scatter Plots) para os principais parâmetros (Cloro residual livre, pH e Turbidez), apresentados na Figura 8, corroboram esta ausência de uma tendência linear clara.

**Figura 8: Relação entre Quantidade em Estoque e Resultado de Parâmetros da Água (Scatter Plots)**



#### 4.2. Teste Qui-quadrado (Associação entre Variáveis Categóricas)

Para investigar a associação entre variáveis categóricas, foram utilizadas tabelas de contingência e o teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ).

O teste Qui-quadrado foi aplicado para avaliar a associação entre o tipo de produto (**tp\_produto**) e o parâmetro da água (**Parâmetro**).

**Tabela 4: Tabela de Contingência (**tp\_produto** x **Parâmetro**)**

Parâmetro	Cloro residual livre (mg/L)	Cor Aparente (uH)	Fluoreto (mg/L)	Turbidez (uT)	pH
B	124673	52463	15719	162509	141146
E	3914	7813	2390	5996	0
O	89366	4583	1299	144737	143162
S	5276	1776	496	6052	5776

O resultado do teste Qui-quadrado para **tp\_produto** x **Parâmetro** foi:

- Estatística Qui-quadrado: 86027.0356
- P-valor: 0.0000
- Graus de Liberdade: 12
- Conclusão: Com um p-valor de 0.0000 (muito inferior a 0.05), **há uma associação significativa entre o tipo de produto e o parâmetro da água (rejeita H0 de independência).**

Em seguida, o teste Qui-quadrado foi aplicado para avaliar a associação entre o programa de saúde (**sg\_programa\_saude**) e o parâmetro da água (**Parâmetro**).

**Tabela 5: Tabela de Contingência (**sg\_programa\_saude** x **Parâmetro**)**

Parâmetro	Cloro residual livre (mg/L)	Cor Aparente (uH)	Fluoreto (mg/L)	Turbidez (uT)	pH
AF	89154	28841	8572	145624	124768
AFAL	128	120	30	79	68
AFB	11507	19938	6230	17242	1694
ALZHE	172	24	6	460	372
ANTMICRO	13028	1668	444	31519	26250
ATENSEC	4	3	0	2	0
AÇÃOPUB	88	0	0	156	152
COL	83	166	49	129	0
COVID-19	480	158	42	382	431
DIABETES	846	814	214	1140	621
DP	2	0	0	8	6
DST	34	68	0	68	0
ESP	4816	9585	2841	6734	16
GEOHEL	19	0	0	76	57

GLAUC	27	0	0	24	33
HANS	583	96	25	499	621
HIPERTEN	194	16	4	99	186
HOSP	92419	1304	326	105085	125317
IMUN	279	0	0	731	617
INFEC	7	0	0	28	21
INFLU	455	42	10	554	606
INSUM	28	16	5	23	20
JUD	689	0	0	866	987
LEISH	447	194	55	483	434
MAL	644	0	0	322	644
NUTRI	581	54	12	1237	1078
ODONTO	402	0	0	243	426
PRODSAUD E	200	0	0	149	228
SAUDECRIA N	48	0	0	192	144
SAUDMENTA L	2492	16	5	1283	2500
SAUDMULH ER	1421	2576	777	2137	167
SIF	24	0	0	68	56
SM CVD-19	2	0	0	1	2
TB	608	356	97	663	518
TBG	219	374	100	292	32
TOXO	377	122	35	259	316
TRACO	50	84	25	101	24
UPA	14	0	0	7	14
URG/EMERG	658	0	0	329	658

O resultado do teste Qui-quadrado para **sg\_programa\_saude** x **Parâmetro** foi:

- Estatística Qui-quadrado: 216649.5131
- P-valor: 0.0000
- Graus de Liberdade: 152
- Conclusão: Com um p-valor de 0.0000 (muito inferior a 0.05), **há uma associação estatisticamente significativa entre o programa de saúde ao qual um registro de estoque está vinculado e o parâmetro de qualidade da água**. Isso sugere que a distribuição dos parâmetros da água não é aleatória em relação aos programas de saúde, podendo indicar que certos programas (como os de Assistência

Farmacêutica ou Hospitalar, conforme a Tabela 5) têm uma atuação ou registros mais frequentes em contextos associados a determinados parâmetros de qualidade da água.

## 5. Probabilidade

A análise probabilística busca investigar a chance de eventos relacionados à saúde pública (estoques de medicamentos) ocorrerem condicionalmente à situação da qualidade da água.

### 5.1. Cálculo de Eventos Simples

- **Probabilidade de um município ter estoque do medicamento "Albendazol"**
  - Número de municípios com estoque de Albendazol: 5
  - Total de municípios únicos na análise: 7
  - $P(\text{Albendazol}) = 0.7143$  ou 71.43%
- A probabilidade de um município, dentro da amostra de 7 municípios analisados, ter estoque do medicamento Albendazol é de aproximadamente 71,43%. Este índice elevado sugere que o Albendazol, um antiparasitário comum para verminoses, é de ampla disponibilidade nos estoques do SUS nestes municípios.
- **Probabilidade de um município apresentar o parâmetro "Cloro Residual Livre" fora da faixa ideal**
  - Número de municípios com Cloro Inadequado: 0
  - Total de municípios únicos com dados de Cloro: 7
  - $P(\text{Cloro fora do ideal}) = 0.0000$  ou 0.00%
- A probabilidade de um município, na amostra, apresentar "Cloro Residual Livre" fora da faixa ideal é de 0%. Isso indica que, para os registros de cloro analisados nos 7 municípios, nenhum foi classificado como "Inadequado" em relação aos padrões de cloro.

### 5.2. Cálculo de Eventos Condicionais

- **Probabilidade de estoque de antibióticos dada a presença de parâmetro crítico da água (qualidade "Inadequada")**
  - Total de municípios com água Inadequada: 1
  - Municípios com água Inadequada E estoque de antibióticos: 1
  - $P(\text{Antibiótico} \mid \text{Água Inadequada}) = 1.0000$  ou 100.00%
- A probabilidade de um município possuir estoque de antibióticos, *dado que* a qualidade da água é classificada como "Inadequada", é de 100%. Este resultado, embora forte, é derivado de uma base de apenas um município na categoria "Inadequada" (Ariquemes), limitando a generalização.



- **Probabilidade de estoque de antibióticos quando a água está dentro dos padrões (qualidade "Adequada")**
  - Total de municípios com água Adequada: 7
  - Municípios com água Adequada E estoque de antibióticos: 6
  - $P(\text{Antibiótico} \mid \text{Água Adequada}) = 0.8571$  ou 85.71%
- A probabilidade de um município possuir estoque de antibióticos, *dado que* a qualidade da água é classificada como "Adequada", é de aproximadamente 85,71%. Isso é esperado dada a ampla necessidade desses medicamentos para diversas infecções, não apenas as de veiculação hídrica. Comparando, a probabilidade de ter antibióticos disponíveis é maior (100%) quando há problemas com a água ("Inadequada") do que quando a água está dentro dos padrões ("Adequada", 85,71%), sugerindo uma possível resposta do sistema de saúde às condições ambientais.

### 5.3. Tabelas de Contingência

Foi proposta a construção de uma tabela de contingência para analisar a relação entre a presença de estoque de antibióticos em um município e a qualidade predominante da água (Adequada/Inadequada).

**Tabela 6: Tabela de Contingência: Presença de Antibiótico por Qualidade da Água (Nível Município)**

	Água Adequada	Total
Tem Antibiótico	5	5
Total	5	5

A Tabela 6 demonstra uma particularidade da amostra: dos municípios considerados, 5 deles apresentam qualidade da água "Adequada" e todos possuem estoque de antibióticos. Não foram identificados municípios com água "Inadequada" ou sem estoque de antibióticos no recorte para esta tabela. Essa configuração, com apenas uma célula preenchida, **limita a realização de análises de associação e testes de independência (como o Qui-quadrado) robustos** devido à ausência de variabilidade nas categorias.

## 6. Inferência Estatística

A análise inferencial buscou generalizar padrões observados na amostra para a população de municípios. No entanto, o tamanho limitado da amostra de municípios no `df_analise` (total de 7 municípios únicos) e a distribuição desigual desses dados nas categorias de

qualidade da água, impactou significativamente a capacidade de realizar testes de hipóteses paramétricos robustos.

## 6.1. Testes de Hipóteses

- **Testes Paramétricos (Z para Diferença de Proporções e t para Médias):** Devido à insuficiência de amostras (especialmente no grupo de municípios com água "Inadequada", que em alguns testes se reduziu a 1 ou 0 município), as condições de validade para esses testes não foram atendidas. Consequentemente, não foi possível realizar uma inferência estatística robusta para rejeitar ou não as hipóteses nulas de diferença.
- **Teste Z para uma Proporção Única (Municípios com Albendazol)**
  - Este teste avaliou se a proporção de municípios com estoque de Albendazol em nossa amostra (71,43%) é significativamente diferente de uma proporção hipotética da população (50%).
  - **H0 (Hipótese Nula):** A proporção de municípios com Albendazol na população é igual a 50%.
  - **H1 (Hipótese Alternativa):** A proporção de municípios com Albendazol na população é diferente de 50%.
  - Com p-valor de 0.2095 ( $> 0.05$ ), **não se rejeita a hipótese nula (H0)**. Isso significa que, com base na sua amostra de 7 municípios, **não há evidência estatística suficiente para afirmar que a proporção de municípios com Albendazol é significativamente diferente de 50% na população.**
- **Teste de Kruskal-Wallis (Diferença nas Medidas de Estoque vs. Qualidade da Água)**
  - Este teste não paramétrico avaliou se há diferenças significativas nas medianas de **qt\_estoque** entre os grupos de qualidade da água (**Adequada, Inadequada, Não Classificado**).
  - **H0 (Hipótese Nula):** As medianas de **qt\_estoque** são iguais para os grupos de qualidade da água.
  - **H1 (Hipótese Alternativa):** Pelo menos uma mediana de **qt\_estoque** é diferente.
  - Com p-valor de 0.0000 ( $< 0.05$ ), **rejeita-se a hipótese nula (H0)**. Há uma **diferença estatisticamente significativa nas medianas de estoque (qt\_estoque) entre pelo menos dois dos grupos de qualidade da água.** Este resultado corrobora as observações descritivas (médias e boxplots), que sugeriam estoques médios maiores em locais com água "Inadequada" e "Não Classificado".

## 6.2. Intervalos de Confiança

- **Intervalo para a proporção de municípios com medicamentos antiparasitários (Albendazol)**
  - Com 95% de confiança, estima-se que a verdadeira proporção de municípios que possuem estoque de Albendazol na população brasileira está entre **35,89% e 91,78%**. Este intervalo é bastante amplo, o que é esperado devido ao pequeno tamanho da amostra (apenas 7 municípios).

- **Intervalo de confiança para média de estoque total de medicamentos**
  - Com 95% de confiança, a verdadeira média de estoque de medicamentos por registro na população está estimada entre **3.287,82 e 3.511,82 unidades**. Apesar da alta variabilidade dos dados (desvio padrão elevado), o grande número de registros na amostra (919.146) contribui para um intervalo de confiança relativamente estreito para a média, o que sugere uma estimativa precisa da média de estoque por item.

## 7. Conclusão

Este projeto de análise estatística empreendeu a integração e o estudo de dados provenientes do Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) e da Base Nacional de Dados de Farmacovigilância (BNAFAR - Posição de Estoque), com o objetivo primordial de elucidar a complexa relação entre a saúde ambiental e a dinâmica do consumo de medicamentos na rede do Sistema Único de Saúde (SUS). Através de uma metodologia rigorosa de coleta, pré-processamento e análise de dados, este estudo revela padrões significativos que oferecem valiosos insights para a gestão estratégica da saúde pública.

### Principais Descobertas e Suas Implicações Detalhadas:

1. **Associação Consistente entre Nível de Estoque e Qualidade da Água:** As análises descritivas revelaram um padrão notável: municípios onde a qualidade da água foi classificada como "Inadequada" ou "Não Classificado" apresentaram, consistentemente, médias de estoque de medicamentos superiores em comparação com aqueles cuja água atendeu aos padrões de potabilidade ("Adequada"). Essa observação é robustamente corroborada pelos resultados do Teste de Kruskal-Wallis, que demonstrou uma diferença estatisticamente significativa nas medianas de estoque entre esses grupos de qualidade da água. Tal achado sugere uma resposta adaptativa do sistema de assistência farmacêutica, que parece prever ou reagir a contextos de maior vulnerabilidade sanitária decorrente da qualidade da água. Este comportamento pode indicar uma estratégia preventiva de manutenção de estoques mais elevados em áreas de risco potencial ou real, visando garantir a pronta disponibilidade de medicamentos em face de demandas de saúde pública.
2. **Destaque para Classes Terapêuticas Estratégicas:** Uma investigação aprofundada nos locais com qualidade da água comprometida (**Inadequada** ou **Não Classificado**) revelou uma concentração notável de Antibióticos e Antiparasitários nos estoques. Medicamentos como Albendazol e Azitromicina, em particular, destacaram-se pelo volume expressivo em estoque nessas condições. Esta preponderância é altamente relevante, pois essas classes terapêuticas são diretamente indicadas para o tratamento de infecções bacterianas e parasitoses, frequentemente associadas à veiculação hídrica e a condições de saneamento básico deficiente. A presença robusta desses medicamentos sinaliza a prontidão e a capacidade de resposta do SUS em mitigar o impacto de doenças que podem ser agravadas por fatores ambientais.

3. **Associação Estrutural entre Programas de Saúde e Parâmetros Ambientais:** O teste Qui-quadrado demonstrou uma associação estatisticamente significativa entre o programa de saúde (**sg\_programa\_saude**) ao qual um medicamento está vinculado e o parâmetro da qualidade da água (**Parâmetro**). Este resultado transcende uma mera coincidência, sugerindo que a atuação de determinados programas de saúde pode ser mais frequente ou ter seus registros mais concentrados em contextos específicos de vigilância da qualidade da água. Isso pode indicar uma priorização de recursos ou uma resposta sistemática de programas voltados, por exemplo, à assistência farmacêutica básica (AF), hospitais (HOSP) e controle de infecções (ANTMICRO) em áreas onde certos parâmetros de água requerem atenção especial.
4. **Dinâmica Temporal dos Estoques:** A análise da sazonalidade na média de estoque ao longo dos meses, embora não tenha revelado um padrão cíclico acentuado e consistente, contribui para a compreensão da complexa dinâmica temporal dos estoques de medicamentos. As flutuações observadas podem ser influenciadas por uma multiplicidade de fatores que vão além de uma sazonalidade estrita, como ciclos de aquisição, emergências de saúde localizadas ou variações na demanda que não seguem um calendário fixo.
5. **Confiança na Estimativa Global de Estoque:** O intervalo de confiança calculado para a média geral de estoque de medicamentos por registro ([3.287,82; 3.511,82] unidades, com 95% de confiança) demonstra uma estimativa notavelmente precisa para a população geral de registros de estoque. Este resultado, obtido a partir de um volume substancial de dados (**919.146 registros**), valida a robustez da média global de estoques e serve como um parâmetro de referência confiável para a gestão.

Este projeto reafirma a capacidade de análises de dados integradas em gerar inteligência sanitária para o SUS. As descobertas obtidas fornecem um alicerce substancial para o planejamento estratégico e a otimização da alocação de recursos em áreas críticas. A inter-relação demonstrada entre a qualidade da água e o perfil dos estoques de medicamentos destaca a importância de uma vigilância ambiental contínua e de uma gestão farmacêutica proativa, visando aprimorar a saúde pública e garantir a disponibilidade de tratamentos essenciais onde e quando mais necessários.