Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07273 - TREINAMENTO E COMPARAÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO PARA ESTIMATIVA DA DEMANDA DE SERVIÇOS DE DESOBSTRUÇÃO DE REDES DE ESGOTO NA REGIÃO DO PLANO PILOTO, DISTRITO FEDERAL

Carolina Timo Pinheiro de Almeida
Marco Lúcio do Nascimento
Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB

Planejamento da Manutenção e Dimensionamento Contratual

- **Problema:** Contratos de desobstrução são modelados utilizando a **MÉDIA SIMPLES** de uma série histórica como estimativa de quantidades futuras o que pode gerar grande diferença entre os valores orçados e efetivamente executados durante o contrato.

- **Pergunta do trabalho:** outros métodos, além da **MÉDIA SIMPLES,** poderiam estimar a demanda com maior precisão?

- **Objetivo do trabalho:** Comparar **métodos estatísticos** e ***Machine Learning*** para estimar com precisão a demanda mensal e anual de desobstruções no Plano Piloto/DF.

Metodologia

Base de dados: 8.837 Ordens de Serviço (GCOM/CAESB)

Agregação mensal: 60 meses, média de aproximadamente 147 OS/mês

Região: Plano Piloto do Distrito Federal

2016 a 2019 (48 meses) Treinamento	2020 (12 meses) Validação

Modelos testados em ordem crescente de complexidade

Simples / Persistência

Média Simples

Repetição 2019

Média Móvel (MMS-12)

Média Móvel Exponencial (MMEP12)

Estatísticos avançados

Suavização de Holt

Holt-Winters (aditivo sazonal)

SARIMA(1,0,1)

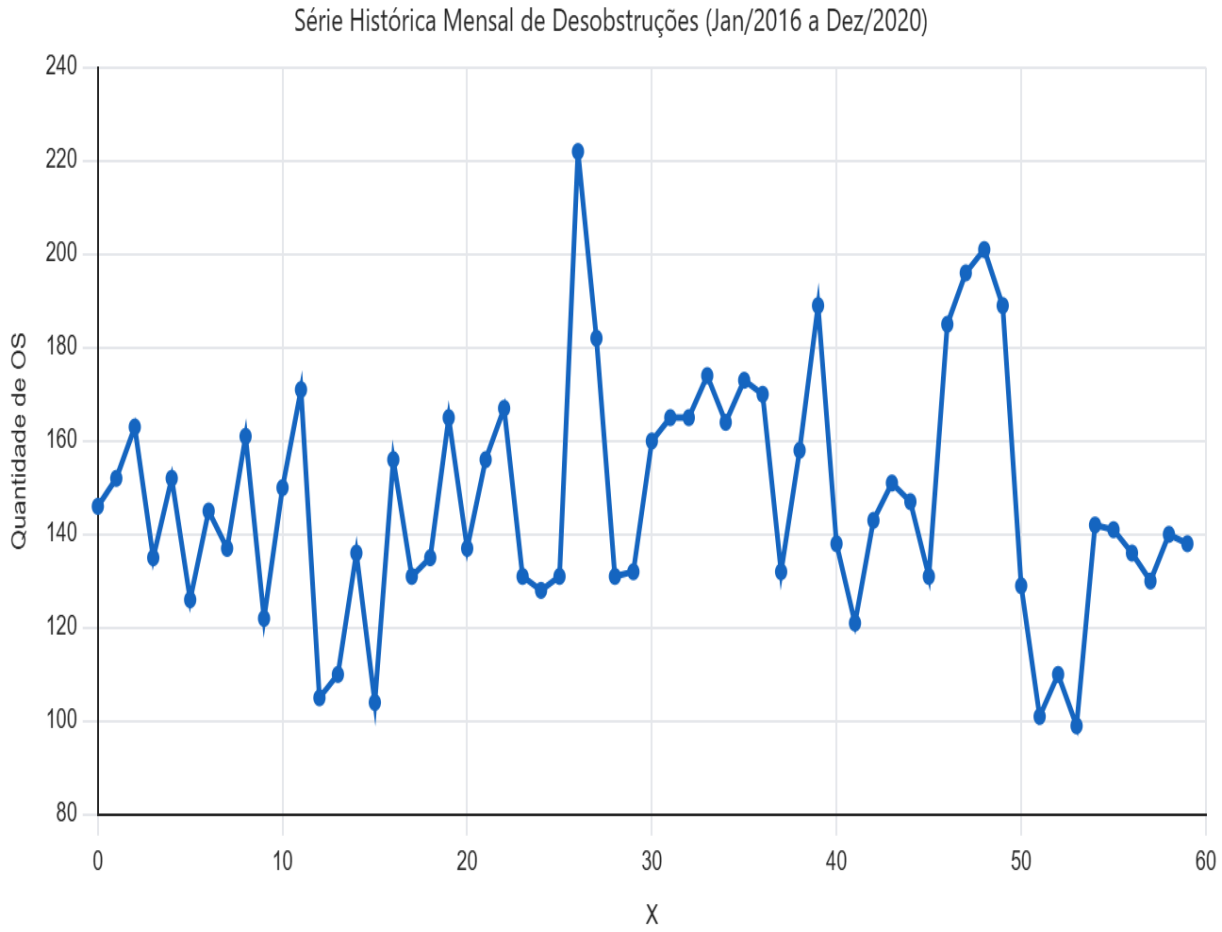
Machine Learning

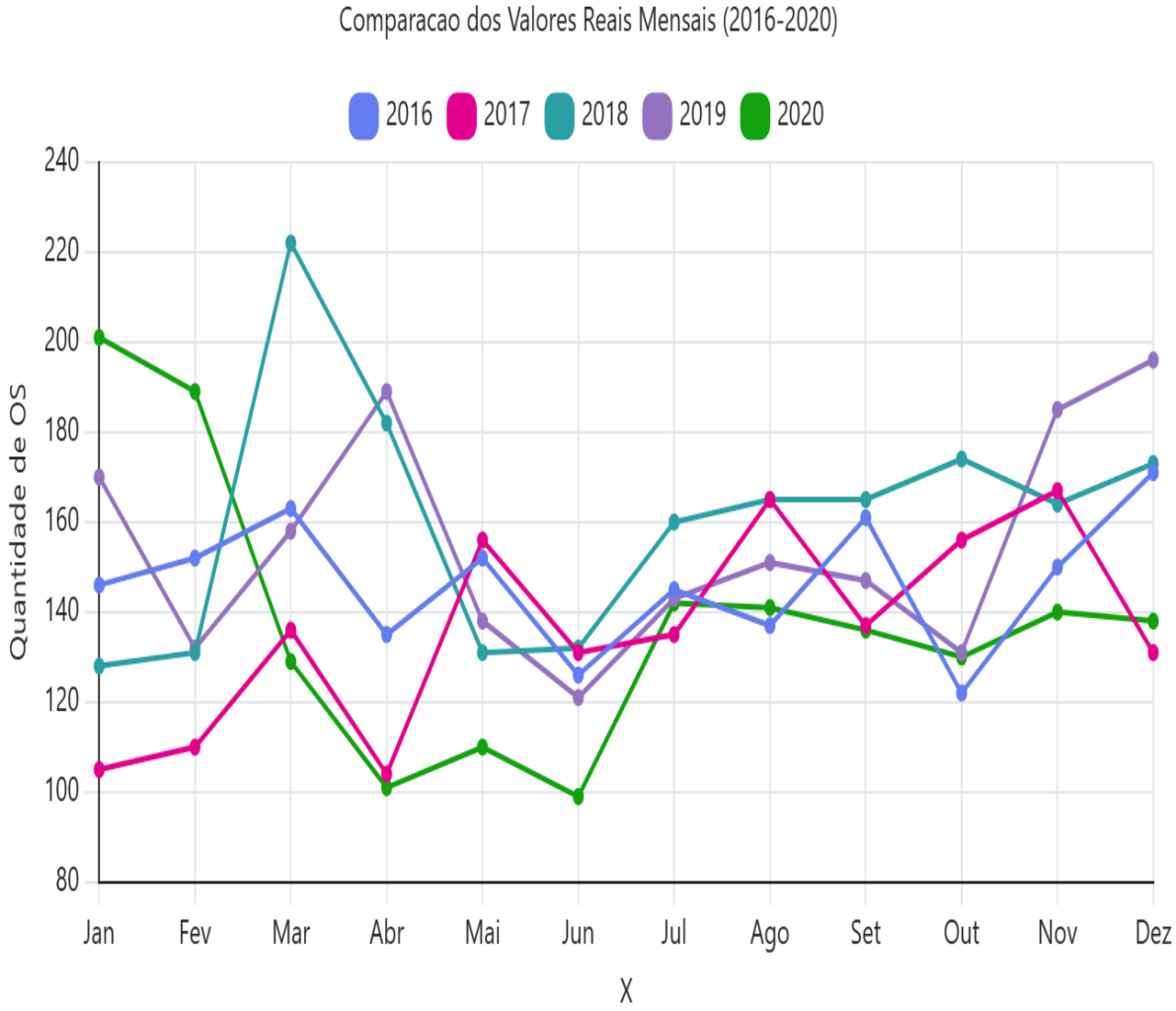
XGBoost

(Gradient Boosting)

Avaliação: MAE, RMSE, MAPE e teste não paramétrico de Wilcoxon (α = 0,05).

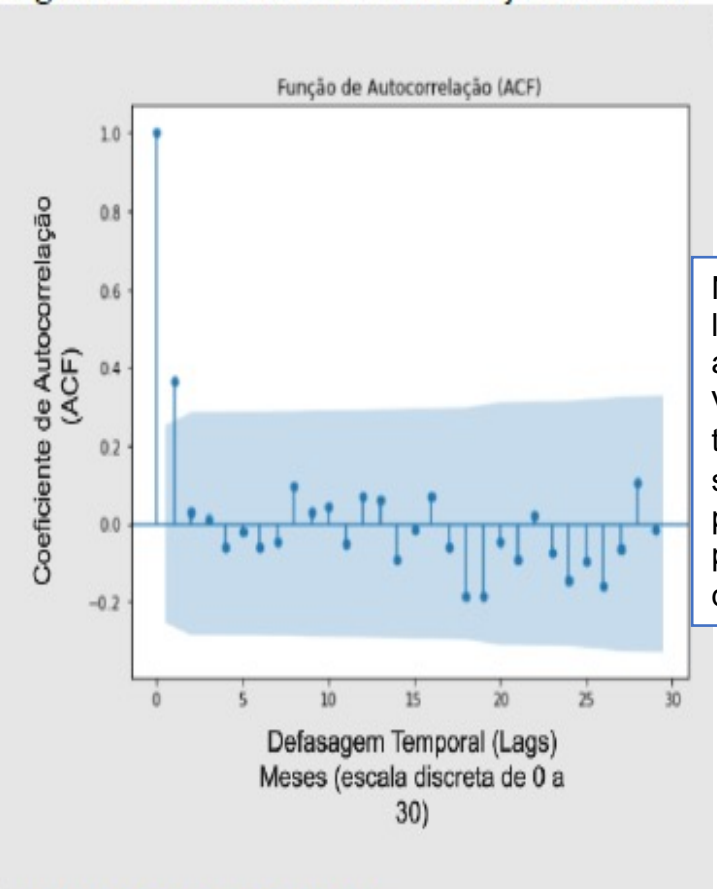
Série Histórica 2016 a 2020





Análise estatística da série

Figura 8 - Gráfico da autocorreção da série



Fonte: Elaboração própria.

No gráfico ACF, barras que ultrapassam os limites de confiança indicam a existência de autocorrelação estatisticamente significativa. Valores positivos indicam persistência temporal, enquanto valores negativos sugerem comportamento oscilatório. A predominância de autocorrelação nos primeiros lags sugere uma forte dependência temporal de curto prazo.

count	60.000000
mean	147.283333
std	25.552931
min	99.000000
25%	131.000000
50%	142.500000
75%	164.250000
max	222.000000

Amplitude:

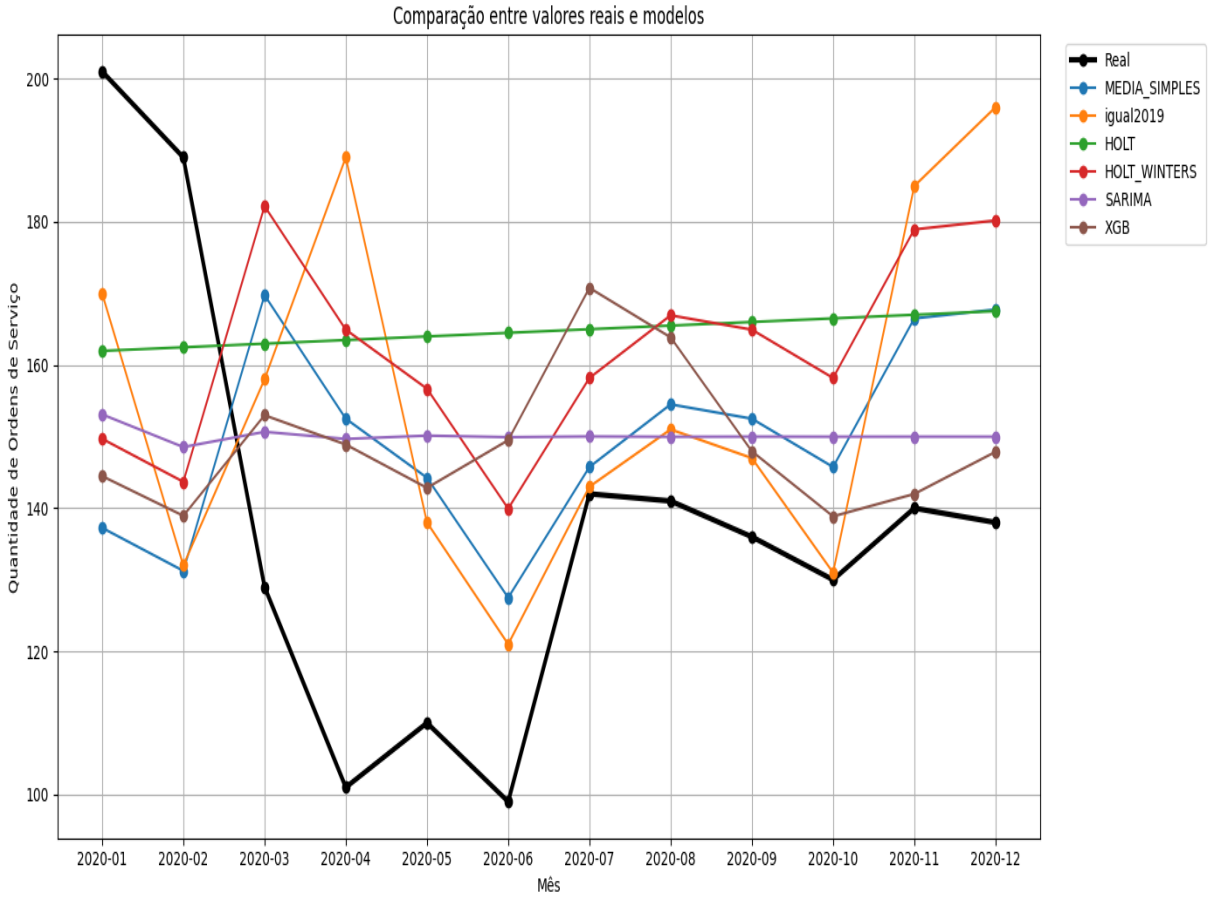
$$222 - 99 = 123$$

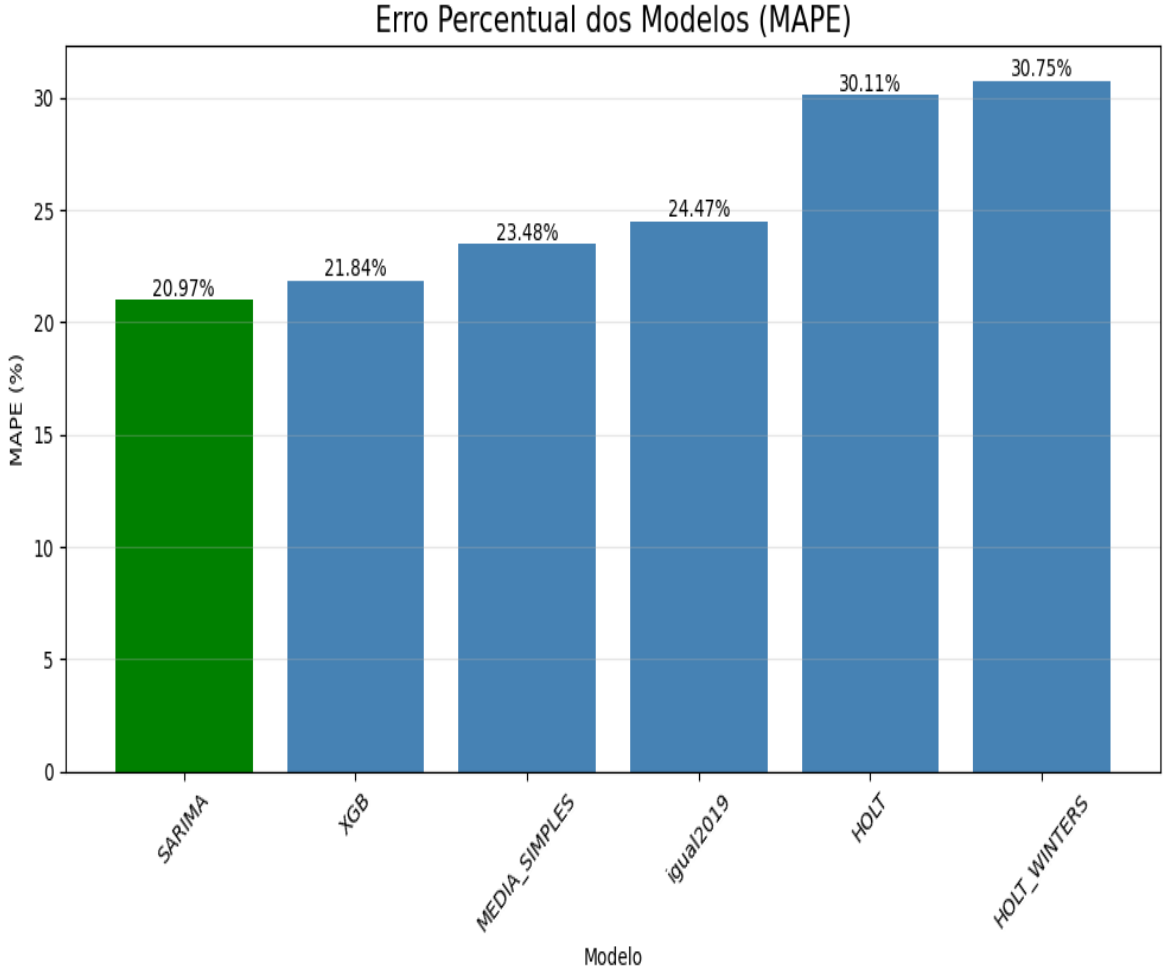
Muito alta para uma série cuja média está próxima de 150.

Consequência:

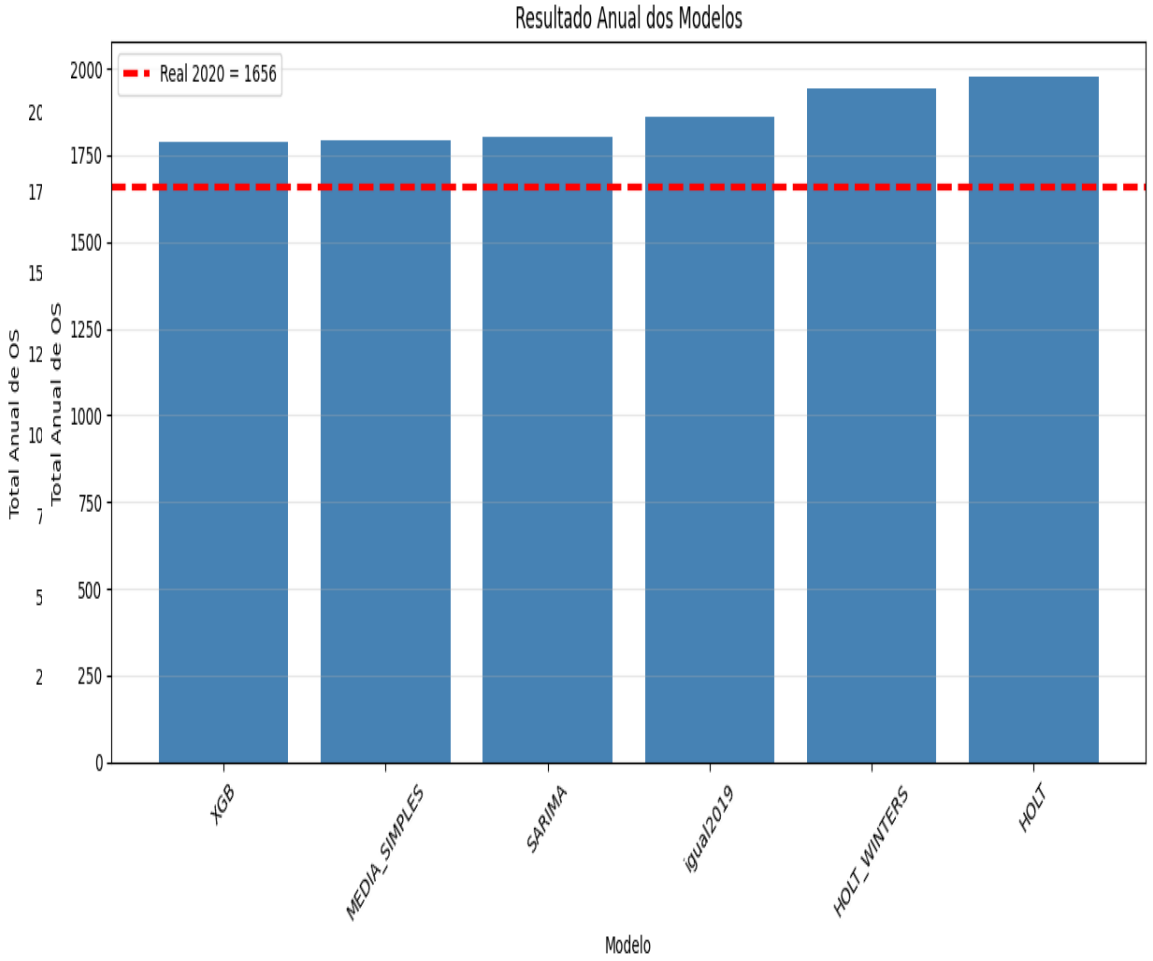
> maior dificuldade de previsão.

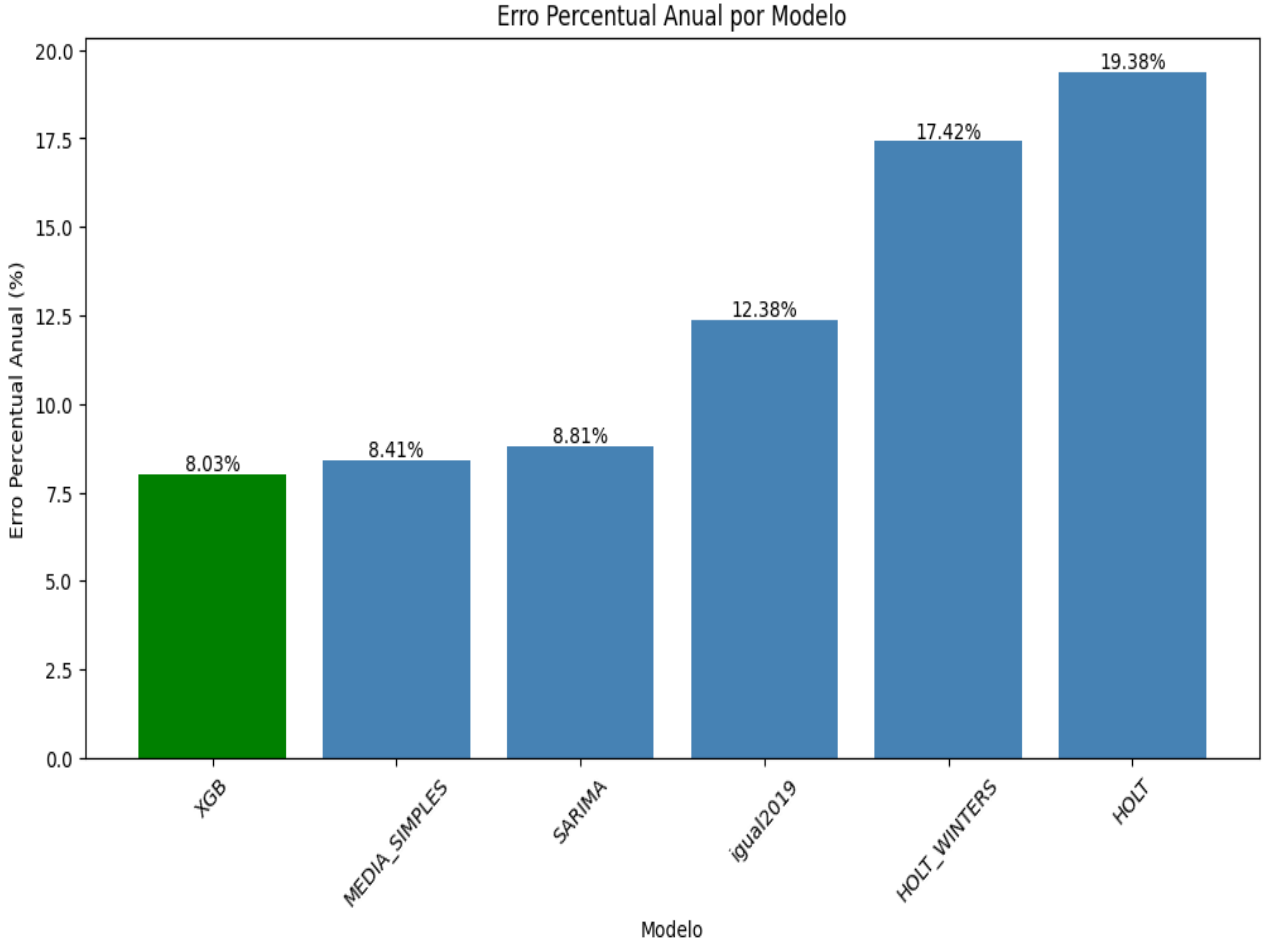
Resultados – Acurácia Mensal



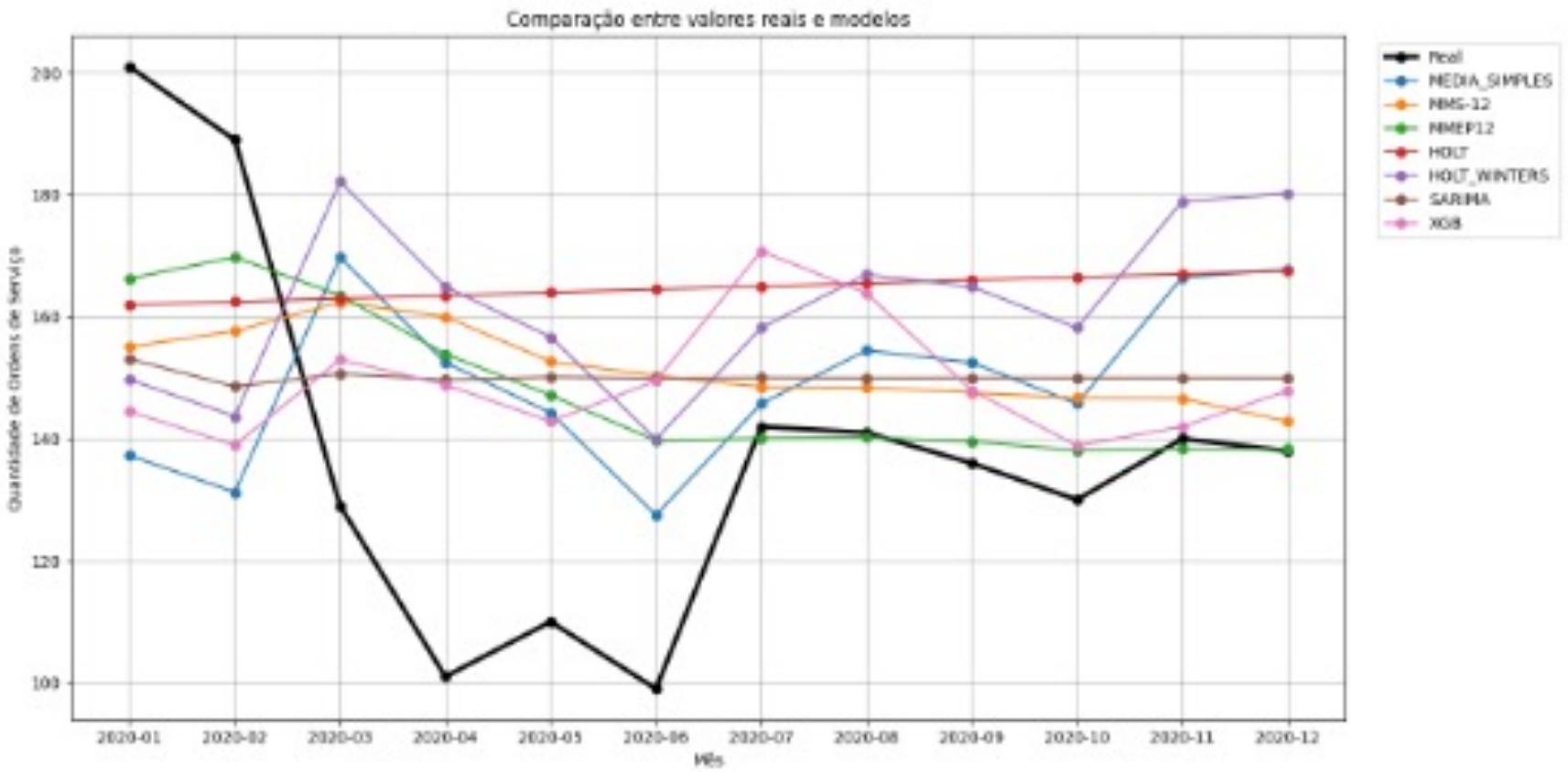


Resultados – Acurácia Anual





Desempenho dos Modelos: O Simples e o Complexo



MMEP12

Melhor desempenho na validação

Menores erros entre os modelos avaliados:

MAE: 19,63

RMSE: 26,90

MAPE: 16,13%

Melhor aderência aos valores observados.

Treinamento 2016 a 2018 e teste 2019
Verificação da influência da Pandemia

Como análise complementar, foi realizada uma validação retrospectiva utilizando os anos de 2016 a 2018 para treinamento e o ano de 2019 para teste. Os resultados mantiveram o padrão observado para a validação de 2020, com destaque novamente para a MMEP12. Embora os erros tenham sido, em geral, inferiores aos observados em 2020, a hierarquia de desempenho dos modelos permaneceu semelhante. Esse resultado sugere que as conclusões obtidas são consistentes e não dependem exclusivamente das particularidades do período marcado pelos impactos da pandemia da COVID-19.

Conclusão

Resultado

A série analisada apresentou comportamento predominantemente estável, com baixa evidência de tendência ou sazonalidade persistente, favorecendo o desempenho de abordagens baseadas em médias históricas. Embora modelos mais complexos, como SARIMA e XGBoost, tenham apresentado vantagens pontuais em algumas validações, os ganhos de precisão não foram suficientemente elevados para justificar, em todos os casos, o aumento da complexidade de implementação e manutenção. Dessa forma, a Média Simples mostrou-se uma alternativa adequada para apoiar o planejamento operacional.

Aplicabilidade e governança

Implementação em planilhas e painéis de BI, sem infraestrutura computacional pesada e com cálculos transparentes para TCDF/TCU.

Robustez retrospectiva

A validação em 2019 manteve a mesma hierarquia de desempenho, reforçando que o resultado não se restringiu à pandemia de 2020.

Próximos passos

Incorporar pluviometria, idade das redes, tipo de material, diâmetro das redes, dados socioeconômicos e estudo do comportamento de outros serviços de manutenção.

Muito Obrigada!

Carolina Timo
carolinatimo@gmail.com

Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Coautores

Marco Lúcio
61 3312-2171