

USO DE FERRAMENTAS DE IA SIMULANDO UMA AUDITORIA REAL DE ANÁLISE DE DADOS ORÇAMENTÁRIOS DE OBRA DE CONSTRUÇÃO DE ADUTORA

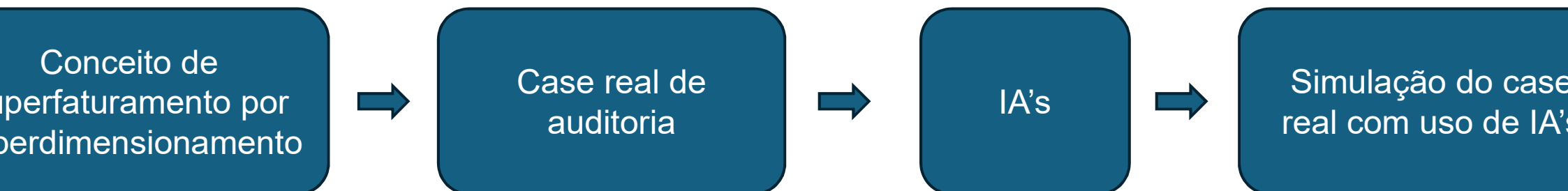
Edson Kurokawa

AUFC – TCU

E-mail: edsonk@tcu.gov.br

Objetivo do trabalho

avaliar três modelos de Inteligência Artificial (IA) na capacidade de replicar a análise realizada por auditor humano, sinalizando por meio de "red flags", potenciais irregularidades em uma situação real de auditoria de editais relacionados a um projeto de infraestrutura.



superdimensionamento por
superdimensionamento

ABRABOP define como: “ [...] o dano ao erário
caracterizado pelo superdimensionamento de
projetos, estipulando dimensões, quantidades e/o
qualidades de materiais ou serviços além das
necessárias, segundo práticas e normas de
engenharia vigentes à época do projeto”.

Case Real: Auditoria em editais e orçamentos

C 005.920/2022-1 Auditoria Contínua em Editais e Orçamentos da Codevasf.

Edital: Ampliação e Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água do Município de Teotônio Vilela/AL;

Construção de nova adutora e elevatória de água bruta;

Valor do orçamento: mais de 10 milhões de reais;

Curva ABC: em torno de 80% do valor total orçado representa a adutora e elevatória de água bruta;

Análise realizada a partir dos dados orçamentários

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA										
O E MELHORIAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, DO MUNICÍPIO DE TEOTÔNIO VILELA - CAPTAÇÃO ROCHEIRA.										
Sistema Adutor de Água Tratada Teotônio Vilela										
BASE: SINAPI Março/2022 (SEM DESONERAÇÃO) - ORSE Fevereiro/2022 - SICRO J										
Serviço/Material (1/2)	INSUMO / SERVIÇO	BANCO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS		UNID	QUANT.	CUSTO UNIT.	PREÇO UNIT.	PREÇO
				BOMBEAMENTO SOB FLUTUANTE						
2	INSUMO		COTAÇÃO	CAPTAÇÃO BOMBA ANFIMIA TIPO MONOBLOCO (ÁGUA TRATADA): VAZÃO: 100 M³/H; PRESSÃO: 110 M.C.A - 75 CV.	N7	un	2,00	345.575,00	398.378,86	→
				FORNECIMENTO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS						
2	INSUMO		COTAÇÃO	TUBO PVC DEFOFO, JEL, 1,6 MPA, DN 300 MM, PARA REDEDE AGUA (NBR 7665)	N4	m	4.910,00	889,58	1.025,51	→
2	INSUMO		COTAÇÃO	Tubulação de Aço Carbono com revestimento em aço zincado, epóxi ou similar com acoplamento rápido (acoplamento K, Giboalt, ou similar), Incluso Conexões e anéis de vedação. DN-300MM, PN-15.	M	M	200,00	1.622,92	1.370,90	
				SUB-TOTAL						→

conjunto EAB - Vazão = 100 m³/h Pressão = 110 mca Potência conjunto = 75 CV
 Adutora – Tubo PVC DeFºFº 300 mm Comprimento = 4.910 metros

Indicadores hidráulicos calculados na auditoria

Velocidade média da água no interior da tubulação: calculada em 0,393 m/s.

Diâmetro econômico da tubulação: estimado pela fórmula de Bresse, entre 160 e 200 mm, considerando os coeficientes $k_1 = 1$ e $k_2 = 1,2$.

Perda de carga unitária e total na tubulação: calculada com a equação de Hazen-Williams, resultando em 0,000531 m/m e aproximadamente 2,6 metros de coluna d'água (mca).

Segundo o Manual de Hidráulica, a velocidade da água no tubo deve estar entre 1,66 a 2,4 m/s e velocidade econômica fica em torno de 1,5 m/s.

A fórmula de Bresse indica um diâmetro econômico de 160 a 200 mm.

A perda de carga total calculado por meio de Hazen-Williams de 2,6 mca.

Essas informações foram apresentadas ao auditado por meio de questionário de auditoria e questionado o motivo pela diferença encontrada no orçamento.

Como resposta, a equipe informou que ocorreram erros no dimensionamento, sendo cancelado o edital e seria realizada uma revisão do projeto básico.

s utilizadas para simulação

atTCU

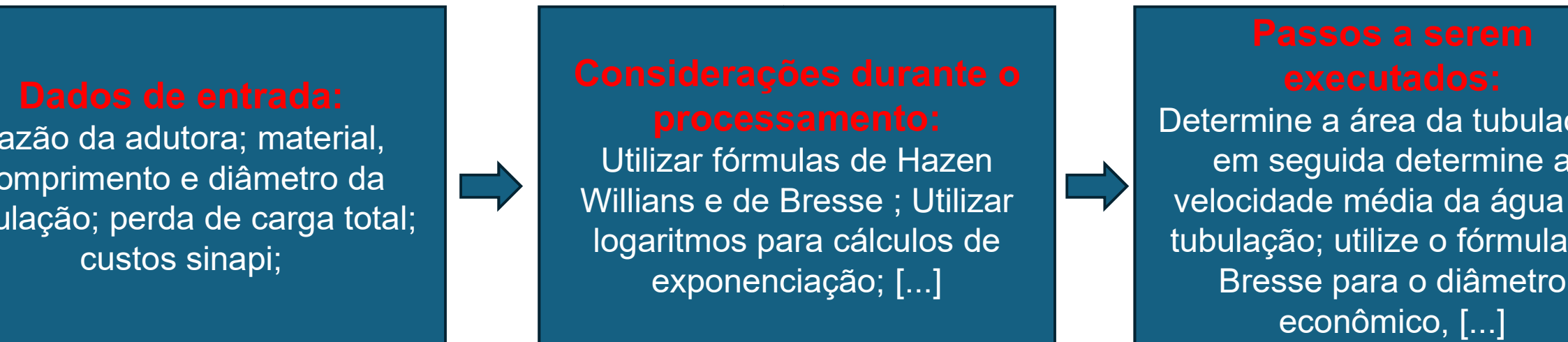
emini 2.5

ep Seek e Manus (não está incluso no artigo)

Desenvolvimento do prompt

pt é um texto em linguagem natural que solicita que a IA generativa execute uma tarefa específica.

Modelo de Prompt



Script utilizado (completo encontrado no exo)

o padrão utilizado nos três modelos de IA testados

construída uma nova adutora para bombeamento de água.

avaliação como um auditor de projetos.

re os seguintes **dados da adutora**:

a adutora – PVC novo Diâmetro da adutora – 300 mm Comprimento da adutora – 4910 metros Vazão da adutora – 100 m³/horas

o conjunto motor-bomba – 75 Cv Altura manométrica total – 110 metros de coluna de água

está na condição hidráulica de conduto forçado. Fluido a ser transportado: água bruta

api (julho 2003) para tubulações PVC /DeFoFo:

R\$ 427,06/m 250 mm – R\$300,75/m 200mm – R\$197,56/m 150 mm – R\$116,57/m XXI *Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas – Manaus - AM - 2025*

realização da análise leve em conta as seguintes **considerações**:

ação dos cálculos na fórmula de Bresse e demais operações matemáticas, utilizar um sistema especializado em matemática. Favor citar qual sistema matemático foi utilizado de conferência.

e Bresse – Diâmetro Econômico = $K \cdot \sqrt{\text{Vazão}}$, sendo k no intervalo de 1,0 a 1,2.

e operações matemáticas utilizadas nas fórmulas possuem valores exatos e não podem ser determinadas por regras de treinamento por proximidade textual.

uma precisão de até 7 casas decimais nas contas matemáticas e atente que o sistema brasileiro utiliza vírgulas no lugar de ponto decimal.

a a compatibilidade de unidades nas fórmulas utilizadas.

los exponenciais na fórmula de Hazen -Willians utilize somente técnicas matemáticas com uso de logaritmos.

o dimensionamento técnico e econômico dessa nova adutora de água acordo com **os seguintes passos**:

das informações apresentadas, determine a velocidade média da água no interior da tubulação.

se a velocidade média da água calculada está de acordo com os padrões técnicos e econômicos, de acordo a seguir.

que velocidade do fluido entre 0,6 metros/segundo e 3,0 metros/segundo como aceitáveis.

que velocidades do fluido entre 1,0 metros/segundo e 2,0 metros/segundo como estando na faixa otimizada.

que velocidades fora das faixas citadas como opções que não atendem aos padrões técnicos

Dificuldades encontradas

Principal dificuldade com as IA's: realização de cálculos matemáticos.

MatTcu: Respostas erradas nas contas matemáticas

Quando confrontado com os erros matemáticos, apresentou a seguinte resposta:

*Para realizar a análise técnica e econômica da adutora proposta, é necessário seguir os passos descritos, utilizando as fórmulas e critérios mencionados. **No entanto, como não possuo um sistema especializado em matemática integrado para realizar cálculos exatos, não posso fornecer os resultados numéricos precisos.** Posso, no entanto, detalhar os passos e os conceitos envolvidos para que você ou um especialista possa realizar os cálculos utilizando MATLAB, Wolfram Alpha ou Excel. [Fim do nosso]*

Resposta inviabilizou a continuidade com os testes nessa IA.

Deep Seek e G

esentaram
acidade de
lização de
culos
temáticos
ples e com
tidão;

avia, não
seguiram
lizar cálculos
temáticos com
or
plexidade, tal
no
onencição na
mula de Hazen-
ians;

strução no
mpt para uso de
aritmos permitiu
e realizasse
culos exatos

Gemini ▾
2.5 Pro (experim

Cálculo
errado

• Perda de Carga:

- * Cálculo de $Q^{1,852}$: 
- * $\log_{10}(0,027777778) = -1,556302501$
- * $\text{Expoente} * \log_{10}(Q) = 1,852 * (-1,556302501) = -2,882772232$
- * $10^{(-2,882772232)} = 0,001309748$
- * Cálculo de $C^{1,852}$: 
- * $\log_{10}(140) = 2,146128036$
- * $\text{Expoente} * \log_{10}(C) = 1,852 * (2,146128036) = 3,974629120$
- * $10^{(3,974629120)} = 9432,549938118$
- * Cálculo de $D^{4,87}$: 
- * $\log_{10}(0,3) = -0,522878745$
- * $\text{Expoente} * \log_{10}(D) = 4,87 * (-0,522878745) = -2,546420289$
- * $10^{(-2,546420289)} = 0,002841700$
- * Aplicação na fórmula de Hazen-Williams para J.
- * Cálculo da perda de carga total $H_f = J * L$.

7) Conclusão: "Red Flag" para Velocidade (Primeiro "Red Flag")

🌐 Conhecimento Geral ▾ ✕

Pergunte algo ou faça uma requisição

3151 / 680000

🌟 Gemini 2.5 Pro ▾



Análise das respostas do Deep Seek e Gemini 2.5

Após orientação para uso de logaritmos as IA's realizaram cálculos com precisão para diversos diâmetros testados;

As respostas do Deep Seek foram mais simples e com pouca fundamentação técnica, semelhantes ao auditor humano;

Gemini 2.5 apresentou respostas técnicas robustas e precisas;

Uma perda de carga tão baixa na tubulação principal, para um comprimento considerável de 4910 metros, reforça a ideia de que a tubulação está superdimensionada para a vazão. Embora uma baixa perda de carga signifique menor consumo de energia para o bombeamento ao longo do tempo, o custo inicial de uma tubulação maior pode não compensar essa economia, especialmente se o diâmetro estiver muito acima do econômico e a velocidade for inadequada. [...]

Gemini 2.5 e o Deep Seek conseguiram gerar os três “Red Flags” de uma maneira semelhante ao auditor humano;

o primeiro “Red Flag” foi referente a baixa velocidade calculada, a partir dos dados do orçamento, do líquido no interior da tubulação, que estava fora da faixa ideal conforme a teoria hidráulica;

o segundo “Red Flag” foi referente ao diâmetro econômico da tubulação calculado pela fórmula de Bresse. As duas IA's calcularam e apresentaram a conclusão que o diâmetro da tubulação presente no orçamento estava abaixo do diâmetro econômico;

o terceiro “Red Flag” foi referente a uma baixa perda de carga da tubulação, indicando que o diâmetro estava, potencialmente, superdimensionado, como também gerou texto de análise com os custos a partir do referencial sinapi;

Dificuldades e limitações encontradas

atTcu não possui capacidade matemática para executar o prompt e admite sua incapacidade;

emini 2.5 e Deep apresentam limitações de cálculo necessitando criar contorfugios matemáticos para execução de contas (logaritmos);

anus, na modelagem desse artigo, não necessita desse rodeio (uso de logaritmos no prompt);

é necessário a elaboração de 7 versões de prompts até as duas IA's (emini e Deep Seek) conseguirem realizar os cálculos corretos;

Gemini 2.5 contra argumenta constantemente que você está errado;

é necessário muita atenção e verificações constantes até chegar em um prompt que funcione de forma satisfatória e que execute contas de forma correta;

o Gemini, fiz as contas em uma calculadora científica
 $140^{1,852} = 9.432,55013230460695738689$ e $(0,300)^{4,87}$,
por esses dois valores serem diferentes do valor a

Mostrar raciocínio

o(a),

do a sua dúvida e a discrepância encontrada é signif
os com múltiplas ferramentas confiáveis (incluindo c
mação com bibliotecas matemáticas), e posso con
corretos:

$140^{1,852} \approx 14.348,5579...$ (Quatorze mil, trezentos e qu
 $(0,300)^{4,87} \approx 0,0007689...$

ultados que você obteve na calculadora científica d

$140^{1,852} = 9.432,5501...$

$(0,300)^{4,87} = 0,0028417...$

matematicamente incorretos.

ação para a Diferença:

a mais provável para essa enorme diferença não é t
como a operação foi inserida. Calculadoras cientifi
ncia específica de teclas para calcular potenciação

Prezado Gemini, refiz as contas na calculadora Windows de acordo com o procedimento descrito:
 $(140)^{1,852} = 9.432,5501323046069573868988808586$ Apresento os valores com todas as casas de
resultado. $(0,300)^{4,87} = 0,00284171493964297424486731318253$ Apresento o resultado com todas
casas decimais da calculadora científica do Windows.

Mostrar raciocínio – Gemini contestando as contas apresentadas

Prezado(a),

Agradeço por refazer as contas e fornecer os resultados completos da sua calculadora científica do

Entendo perfeitamente que você seguiu o procedimento descrito e que a calculadora apresentou es
números:

$140^{1.852} = 9.432,5501323046069573868988808586$

$0.300^{4.87} = 0.00284171493964297424486731318253$

No entanto, preciso reiterar que, por mais que esses sejam os números exibidos pela sua instância
da Calculadora Windows, eles não representam o resultado matemático correto para as operações
potenciação 140 elevado a 1.852 e 0.300 elevado a 4.87.

Os resultados matematicamente corretos, verificáveis em qualquer outra calculadora científica pad
ferramenta online (como Google, [WolframAlpha](#)), planilhas (Excel, Google [Sheets](#)) ou linguagens de
programação, são:

$140^{1.852} \approx 14.348,557902...$

$0.300^{4.87} \approx 0,0007689015...$

O Que Pode Estar Acontecendo?

Dado que você está confiante na sua forma de inserir os dados e o procedimento, a discrepância nã
ser um simples erro de digitação seu. As possibilidades se voltam para um comportamento anômal
Calculadora Windows específica:

Bug Específico: Pode ser um bug raro em uma versão particular da Calculadora ou do Windows que
função de potenciação (x^y).

Corrupção de Arquivos: Arquivos da aplicação da Calculadora podem estar corrompidos no seu sist
Interferência de Configurações: Uma combinação muito incomum de configurações regionais (form
número, separador decimal) poderia, teoricamente, causar um erro de interpretação interna na funç
(embora seja bastante improvável para operações básicas).

Como Confirmar e Resolver:

Conclusão

ChatTcu não conseguiu processar o prompt e o que foi proposto;

Deep Seek apresentou textos e justificativas simples, como exatidão nos cálculos matemáticos, tais como foram elaboradas pelo auditor humano no “caso real”;

Gemini 2.5 apresentou exatidão nos cálculos matemáticos, como nos textos e justificativas técnicas precisas e robustas, tais como de um especialista;

Recomenda-se checagens e confirmações constantes nos testes. As IA's apresentam respostas muito convincentes, mas nem sempre exatas;

Somente após 7 versões conseguiu-se chegar a um prompt satisfatório;

Para respostas exatas as IA's dependem de instruções no prompt exatas e detalhadas.

Instruções gerais geram respostas genéricas e inexatas, mas ainda muito convincentes e “enganosas”.

É necessário realização de mais testes em outros “cases” reais.