



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL - AERONÁUTICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO



São José dos Campos - SP, 05/11/2018

Nome do Aluno: Lucas Castro de Sá Sampaio

FOLHA DE APROVAÇÃO

Relatório Final de Estágio Curricular aceito em (data) pelos abaixo assinados:

Lucas Castro de Sá Sampaio

Prof. Dr. Paulo Ivo Braga de Queiroz - Orientador/Supervisor na Empresa/Instituição

Prof. Dr. Paulo Ivo Braga de Queiroz - Orientador/Supervisor no ITA

Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto - Coordenador do Curso (nome)

INFORMAÇÕES GERAIS

Estagiário

Nome do Aluno: Lucas Castro de Sá Sampaio

Curso: Engenharia Civil - Aeronáutica

Empresa/Departamento

ITA-Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Departamento de Engenharia Civil

Orientador/Supervisor da Empresa

Prof. Dr. Paulo Ivo Braga de Queiroz

Orientador/Supervisor do ITA

Prof. Dr. Paulo Ivo Braga de Queiroz

Período

19/03/2017 a 08/06/2017

Total de horas: 164h

I. INTRODUÇÃO

II. A EMPRESA

II.1. Histórico

Fundado em 16 de janeiro de 1950, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica é um instituto que forma engenheiros de excelência, bem como profissionais capacitados nas mais diversas áreas intelectuais.

II.2. Área onde foi desenvolvido o programa de estágio

O Estágio foi concebido e desenvolvido no Campus do DCTA, com o auxílio e monitoramento do orientador Prof. Dr. Paulo Ivo Braga de Queiroz. Além disso, o trabalho apresentado teve influência do Engenheiro Victor Jucá – responsável pela ideia e projetos iniciais.

II.3. O Estágio no Contexto da Empresa

No ano de 2017, o então aluno do curso de Engenharia Civil do ITA, Victor Jucá, desenvolveu um método computacional para o dimensionamento automático de redes genéricas de distribuição de água potável, entretanto muitas melhorias e aperfeiçoamentos ficaram em aberto. Dessa forma, o estágio tem como contexto a melhoria desse trabalho inicial de forma a cobrir todos os possíveis casos de dimensionamento e ter uma usabilidade melhor para os usuários, podendo ser usado nas aulas do Instituto e como fonte de estudo e aperfeiçoamento dos alunos.

O objetivo do estágio foi desenvolver e implementar melhorias no método computacional utilizado para o dimensionamento automático de redes genéricas de distribuição de água potável iniciado pelo aluno Victor Jucá (Civil 17) no ano de 2017. As implementações e melhorias buscam:

- Melhorar a experiência do usuário e seu uso em aplicações diárias
- Otimizar o processo, eficiência do método e sua precisão
- Expandir o cálculo para casos especiais que o programa atual não abrange

Implementação do método Newton – Raphson.

III. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades previstas eram:

- 1) Estudo do método e programação usados na versão atual
- 2) Estudo teórico
 - 2.1) Ferramentas computacionais: Python, Numpy, xlwings
 - 2.2) Teoria de redes de abastecimento de água potável.
- 3) Implementar Newton Raphson para cálculo
- 4) Corrigir problemas de convergência ou causados por casos particulares

- 5) Testes comparativos (solução, resultado, eficiência)
- 6) Melhorar experiência de uso do usuário
- 7) Verificações Finais

No próximo tópico comenta-se mais detalhadamente sobre cada uma dessas atividades.

III.1. Estudos e treinamentos iniciais

Inicialmente precisou-se entender o método e programação utilizados na primeira versão. As ferramentas utilizadas foram:

- Python (Numpy)
- Microsoft Excel
- Xlwings (integrar python e excel).

Dessa forma, dois cursos, totalizando 21,5h, foram feitos no começo do estágio para desenvolver os conhecimentos dessas ferramentas:

<https://www.udemy.com/curso-excel-completo/>

<https://www.udemy.com/python-3-completo/>

O programa inicial utilizava um método iterativa para encontrar a solução. Inicialmente, parte da seguinte restrição:

$$P_i - P_j = H_{ij}$$

Em que,

H_{ij} é a perda de carga entre os nós i e j .

P_i é a carga piezométrica no nó i .

A fórmula adotada que relaciona perda de carga e vazão foi a fórmula de Hazen-Willians:

$$H = \frac{Q^{1,85} L}{(0,2785C)^{1,85} D^{4,87}}$$

Em que,

Q é a vazão em m³/s

L é o comprimento do trecho em metros

C é um coeficiente específico para cada material, chamado de coeficiente de Hazen-Willians

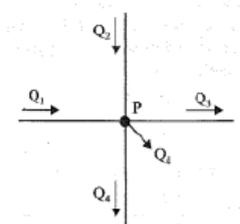
D é o diâmetro interno, em metros, do duto que compõe o trecho, suposto constante.

A segunda condição restritiva é:

$$\sum Q_{in} = 0$$

Em que,

Q_{in} é a vazão que entra, positiva, ou que sai, negativa, em cada um dos nós.



Por último, a terceira restrição diz respeito à pressão nos nós que estão conectados diretamente aos reservatórios.

$$p_i = p_{ri}$$

Em que,

p_i é a carga piezométrica do nó i .

p_{ri} é a pressão piezométrica do reservatório ligado ao nó i que é igual à cota do nível da água do reservatório.

Com todas essas restrições e fórmulas, chegou-se a linearização do sistema através de um método iterativo de solução:

$$Q_{ij} = (P_i - P_j) |P'_i - P'_j|^{\frac{1}{1,85}-1} \left(\frac{D^{4,87}}{0,0021L} \right)^{\frac{1}{1,85}}$$

P'_i e P'_j são as pressões calculadas em uma iteração anterior.

Entretanto essa linearização tem um problema: "Em resumo, aplicou-se uma linearização para que pudesse eliminar um número igual de variáveis e equações iguais ao número de trechos do sistema, entretanto, teve-se de se recorrer a um método iterativo que não possui convergência garantida" (Victor Jucá, 2017).

Assim nasce um dos objetivos do trabalho, implementar uma solução que garanta a convergência.

III.2. Implementação de melhorias

A segunda parte do trabalho consistiu de aperfeiçoar a programação do código inicial.

Alguns problemas que buscou-se solucionar:

- Utilização de algum método que solucionasse a equação não linear original;
- Solucionar os problemas de convergência para casos específicos
- Facilitar a experiência do usuário.

Inicialmente estudou-se o método Newton-Raphson para solução, assim não precisaríamos mais linearizar a equação.

Uma das etapas do código dessa implementação:

```

class newton_raphson(solver):
    def __init__(self, rede=Estruturas.rede()):
        self.redeInicial = rede
        self.redeFinal = rede
        self.executar()
    def criaMatriz(self):
        n = len(self.redeInicial.nohs)-1
        matriz = np.ndarray(shape=(n,n), dtype=float)
        for i in range(n):
            for j in range(n):
                matriz[i][j] = 0.0
        return matriz

```

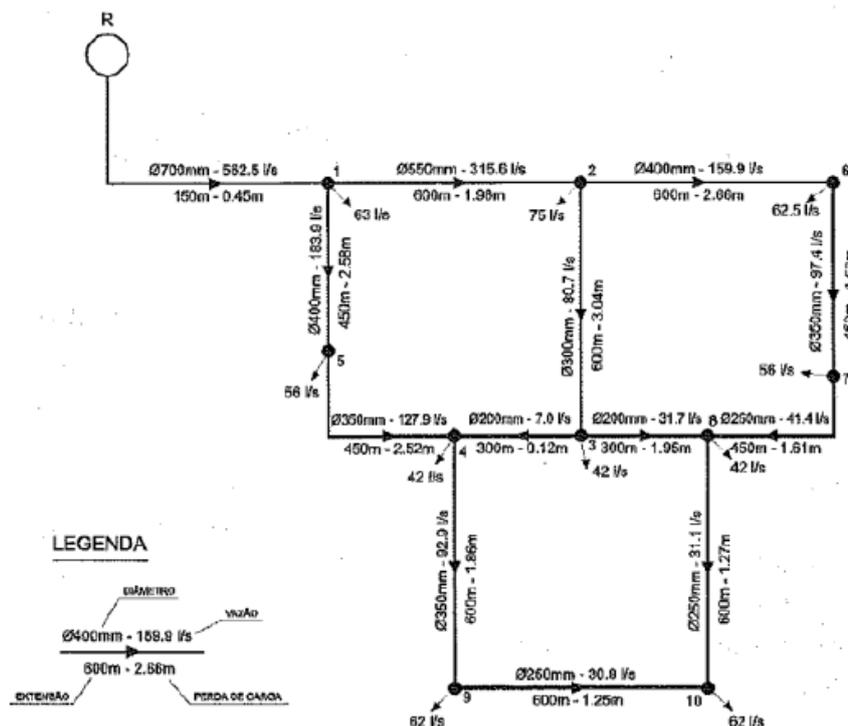
Essa implementação, a priori, também resolve o problema das convergências. Entretanto precisa-se testar com mais energia casos diversos. Acredita-se que para um estágio de 160h o objetivo foi atingido.

Para melhorar a experiência do usuário, mudou-se o layout da planilha final (Fluo – Excel) e criou-se uma interface para o usuário ter a imagem da rede que ele criou, assim pode-se minimizar os erros de construção.

III.3. Testes

Em termos de resultados finais, os valores obtidos são, em sua maior parte, idênticos ao do programa inicial. Entretanto a velocidade de compilação melhorou ligeiramente, o que nos leva a crer que podemos usar o programa para usos maiores.

A rede utilizada para teste está ilustrada abaixo:



A comparação entre os valores obtidos na versão inicial e final se encontram na tabela abaixo:

Nó	Vazão Fluo - Inicial (L/s)	Vazão de referência (L/s)	Vazão Fluo - Final (L/s)
0-1	562,50	562,5	562,54
1-2	313,78	315,6	313,92
2-6	156,46	159,9	156,32
1-5	185,72	183,9	185,88
2-3	82,32	80,7	82,33
6-7	93,96	97,4	94,09
5-4	129,72	127,9	129,57
3-4	6,48	7	6,32
7-8	37,96	41,4	38,15
3-8	33,84	31,7	33,81
4-9	94,20	92,9	94,05
9-10	32,20	30,9	32,02
8-10	29,80	31,1	29,96

IV. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Se tratando de um estágio de 160 horas, os objetivos foram satisfatórios. O aluno conseguiu desenvolver técnicas de programação com ferramentas amplamente usadas no mercado, além de conhecimentos em dimensionamento de redes de distribuição de água.

Otimizações e melhorias no programa inicial foram desenvolvidas, porém mais testes precisam ser feitos para atingir a certeza que é necessária para o amplo uso do software desenvolvido. Além disso, ganhos expressivos na experiência do usuário foram alcançados.