
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

SOFTWARE EDUCACIONAL PARA ANÁLISE
E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM ENGENHARIA DE POÇO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Versão 1:

NATHAN RANGEL MAGALHÃES
THAUAN FERREIRA BARBOSA;

Versão 2:

NATHAN RANGEL MAGALHÃES

Orientador: André Duarte Bueno

MACAÉ - RJ

Junho - 2025

Sumário

I	Manual do Usuário	
	SOFTWARE EDUCACIONAL PARA ANÁLISE E SOLUÇÃO	
	DE PROBLEMAS EM ENGENHARIA DE POÇO	5
1	Instalação	6
1.1	Baixando o software	6
1.2	Dependências	6
1.2.1	Requisitos mínimos	6
1.2.2	Requisitos Recomendados	6
2	Interface Gráfica	7
2.1	A Interface Gráfica do Módulo 01	7
2.1.1	Propriedades do Poço	8
2.1.2	Propriedades dos Fluidos	9
2.1.3	Cálculo da Pressão Hidrostática	9
2.1.4	Modelos Reológicos e Perda Friccional	9
2.1.5	Propriedades dos Fluidos	10
2.2	A Interface Gráfica do Módulo 02	10
3	Exemplos de Uso	12
3.0.1	Pressão Hidroestática	12
3.0.2	Modelo Newtoniano no Poço e Anular	13
3.0.3	Variação do comprimento do tubo devido a força pistão	14
3.0.4	Variação do comprimento do tubo devido ao efeito balão	15
3.0.5	Validação da importação e exportação do documento (“salvar como...”)	16
4	Contatos	19
4.1	Referências	19

Lista de Figuras

2.1	Imagem da Interface Gráfica do Módulo 01	7
2.2	Imagem da Interface Gráfica Descrita do Módulo 01	8
2.3	Imagem da Interface Gráfica do Módulo 02	10
2.4	Imagem da Interface Gráfica Descrita do Módulo 02	11
3.1	Solução gerada para calculo da pressão hidroestática	13
3.2	Soluções geradas pelo código para modelo Newtoniano no poço e anular .	14
3.3	Solução gerada para variação do comprimento do tudo devido a força pistão	15
3.4	Solução gerada para variação do comprimento do tudo devido ao efeito balão	16
3.5	Opção de Salvar	17
3.6	Modelo do Arquivo .dat	17
3.7	Opção de importação de arquivos no software	18

Lista de Tabelas

Parte I

Manual do Usuário

SOFTWARE EDUCACIONAL PARA ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM ENGENHARIA DE POÇO

Capítulo 1

Instalação

A seguir instruções para instalação do software.

1.1 Baixando o software

O software foi disponibilizado no GitHub, por meio do repositório GitHub - Software Educacional Para Análise de Poço

Lá você encontra instruções atualizadas de download, instalação e uso do programa.

1.2 Dependências

Para compilar o software, é necessário atender aos seguintes pré-requisitos:

1.2.1 Requisitos mínimos

Recurso	Especificação Mínima
Sistema Operacional	Windows 10 / Ubuntu 20.04
Memória RAM	512 MB
Processador	1 núcleo, 1.0 GHz
Espaço em Disco	100 MB
Resolução de Tela	1024 x 768

1.2.2 Requisitos Recomendados

Recurso	Especificação Recomendada
Sistema Operacional	Windows 11 / Ubuntu 22.04
Memória RAM	1 GB
Processador	2 núcleo, 2.0 GHz
Espaço em Disco	200 MB
Resolução de Tela	1280 x 1024

Capítulo 2

Interface Gráfica

2.1 A Interface Gráfica do Módulo 01

A interface do programa referente ao módulo 01 é apresentada na Figura 2.1.

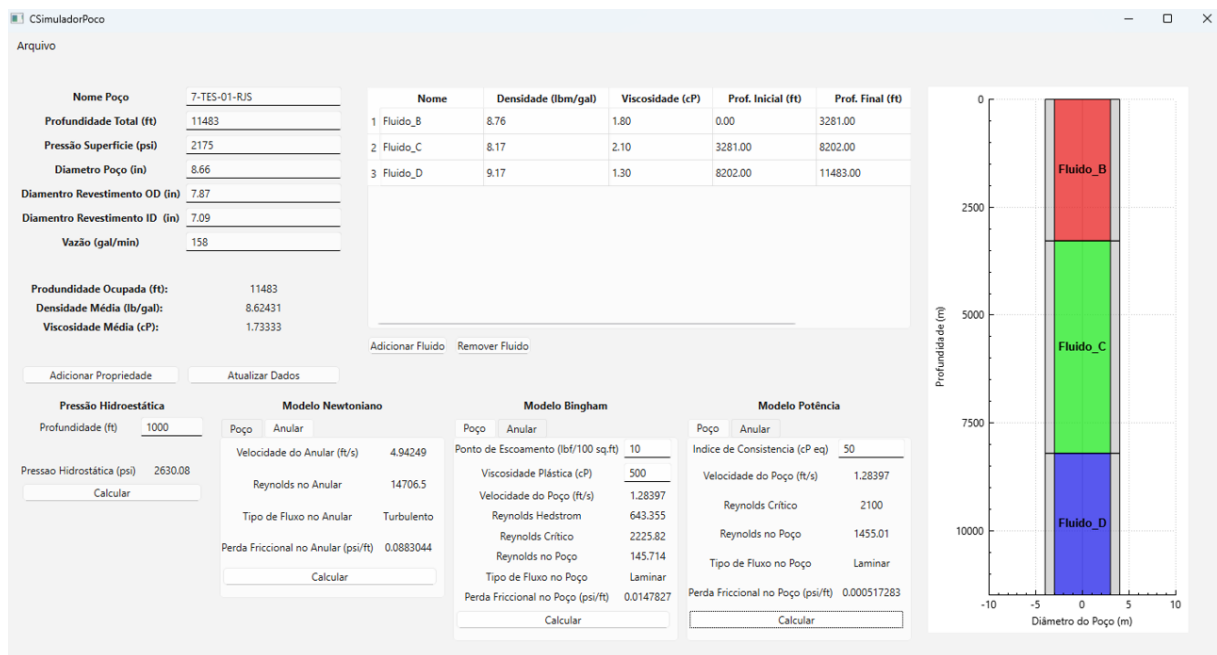


Figura 2.1: Imagem da Interface Gráfica do Módulo 01

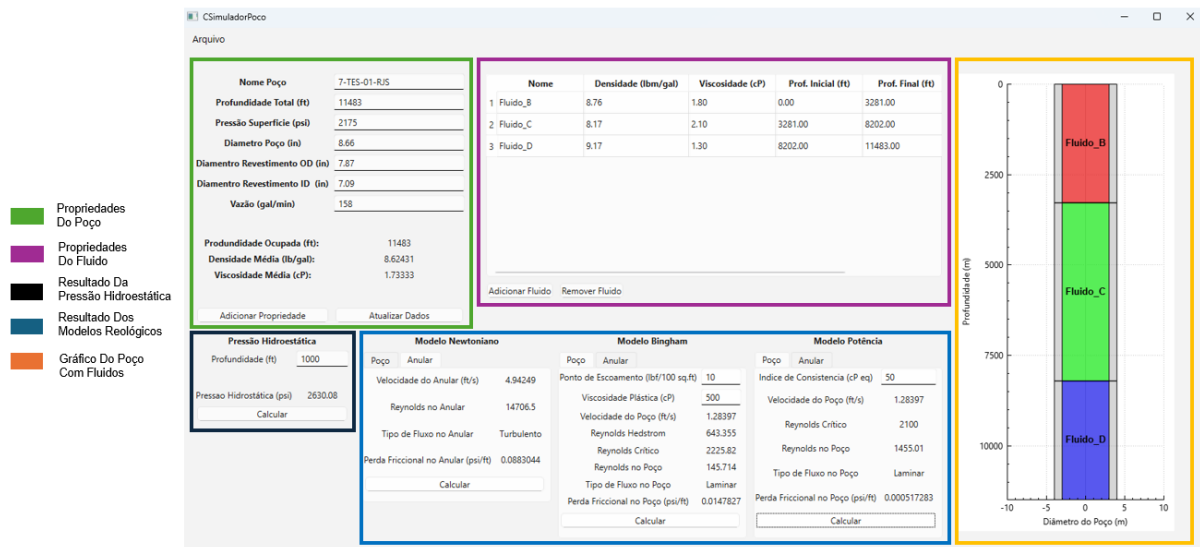


Figura 2.2: Imagem da Interface Gráfica Descrita do Módulo 01

O Figura 2.2 mostra a janela principal do software e foram listadas grupos de funcionalidades importantes ao usuário.

- **Propriedades dos Poços** – Permite adicionar e atualizar informações sobre o poço.
- **Propriedades dos Fluidos** – Permite adicionar ou remover fluidos do sistema.
- **Resultados da Pressão Hidrostática** – Exibe a pressão hidrostática em um ponto específico dentro do intervalo do poço definido pelo usuário.
- **Resultados dos Modelos Reológicos** – Calcula a perda friccional com base em três modelos reológicos, permitindo a escolha entre fluxo no poço ou no anular.
- **Gráfico do Poço com Fluido** – Gera uma representação visual do poço e da distribuição dos fluidos.

2.1.1 Propriedades do Poço

Esta funcionalidade permite ao usuário inserir e atualizar as características do poço, como profundidade, diâmetro e pressão na superfície.

- O usuário acessa a aba Propriedades dos Poços.
- Insere os dados necessários, como nome do poço, profundidade total, pressão na superfície, diâmetro do poço, diâmetro do revestimento ID e OD e vazão.
- Confirma as informações para que o software armazene e utilize esses valores nos cálculos subsequentes.

Atualização de Dados

Caso os dados do poço precisem ser alterados, o usuário pode editar os valores e salvar as modificações.

2.1.2 Propriedades dos Fluidos

Permite a inserção e remoção de fluidos, definindo suas propriedades para cálculo de pressão e perdas de carga.

- O usuário define a profundidade onde deseja calcular a pressão.
- O software exibe a pressão hidrostática correspondente com base nos fluidos e na profundidade do poço.

2.1.3 Cálculo da Pressão Hidrostática

Esta funcionalidade permite calcular a pressão hidrostática em um ponto escolhido pelo usuário dentro do intervalo do poço.

- O usuário define a profundidade onde deseja calcular a pressão.
- O software exibe a pressão hidrostática correspondente com base nos fluidos e na profundidade do poço.

Seleção da Profundidade

O usuário escolhe um valor dentro da faixa de profundidade do poço.

Exibição do Resultado

O software apresenta a pressão hidrostática calculada em psi.

2.1.4 Modelos Reológicos e Perda Friccional

Permite o cálculo da perda friccional no poço ou no anular utilizando três modelos reológicos diferentes..

- O usuário escolhe um modelo reológico.
- Define se o cálculo será para o poço ou para o anular.
- O software exibe a velocidade, o número de Reynolds, o tipo de fluxo e a perda friccional (em *psi/ft*).

Escolha do Modelo Reológico

O usuário seleciona entre os três modelos disponíveis.

Definição do Meio de Escoamento

O usuário escolhe se deseja calcular no poço ou no anular.

Exibição dos Resultados

São apresentados a velocidade do fluido, Reynolds, tipo de fluxo e perda friccional.

2.1.5 Propriedades dos Fluidos

Gera uma representação visual do poço e da distribuição dos fluidos ao longo da profundidade.

- O usuário acessa a opção Gráfico do Poço com Fluido.
- O software exibe um diagrama mostrando a profundidade do poço e a presença dos fluidos.

Geração do Gráfico

O software utiliza os dados de profundidade e fluido para gerar a imagem.

Interpretação Visual

O usuário analisa a disposição dos fluidos ao longo do poço.

2.2 A Interface Gráfica do Módulo 02

A interface do programa referente ao módulo 01 é apresentada na Figura 2.3.

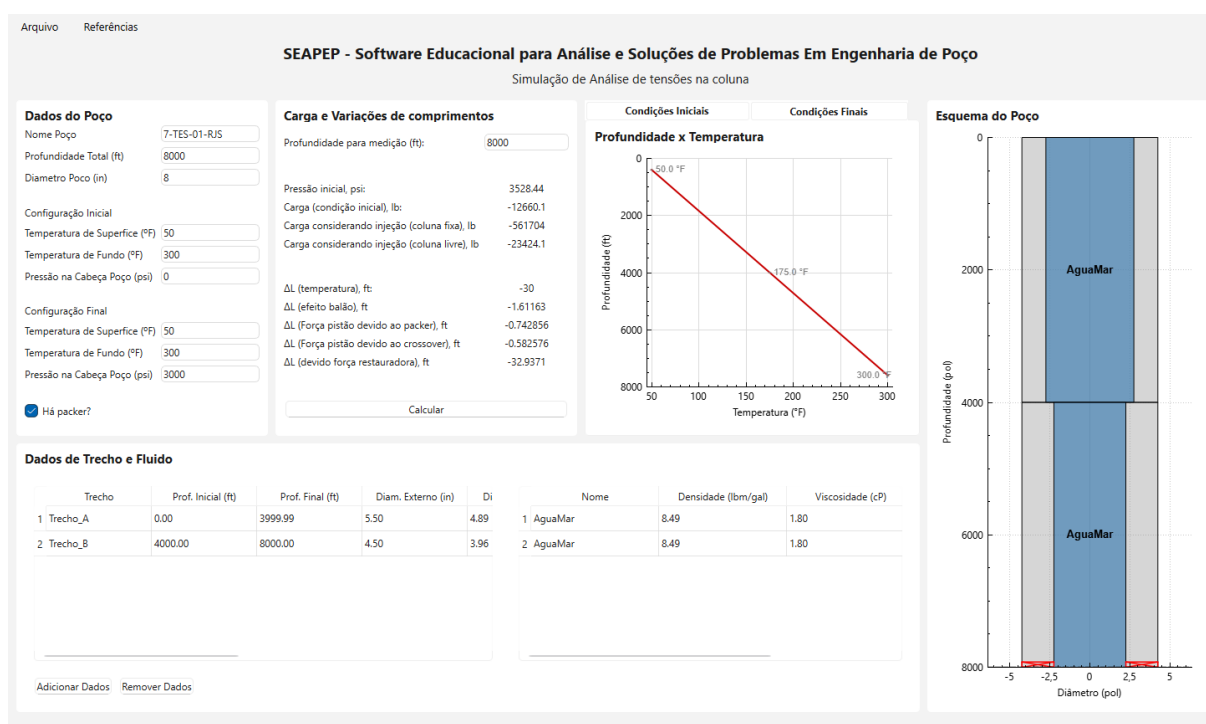


Figura 2.3: Imagem da Interface Gráfica do Módulo 02

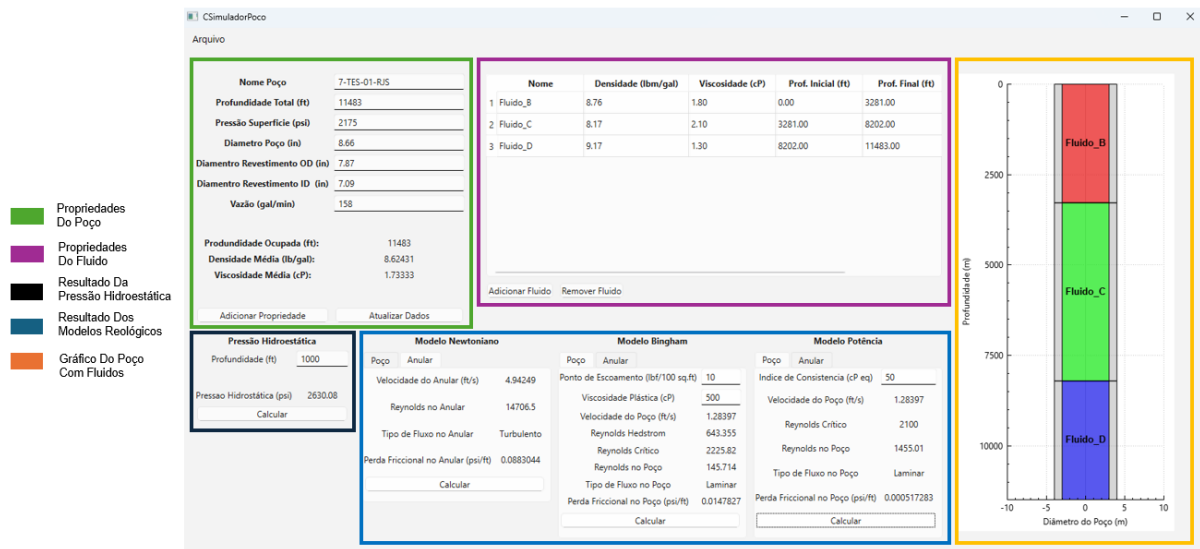


Figura 2.4: Imagem da Interface Gráfica Descrita do Módulo 02

Capítulo 3

Exemplos de Uso

Todo projeto de engenharia passa por uma etapa de testes. Neste capítulo apresentamos alguns testes do software desenvolvido. Estes testes devem dar resposta aos diagramas de caso de uso inicialmente apresentados (diagramas de caso de uso geral e específicos).

3.0.1 Pressão Hidroestática

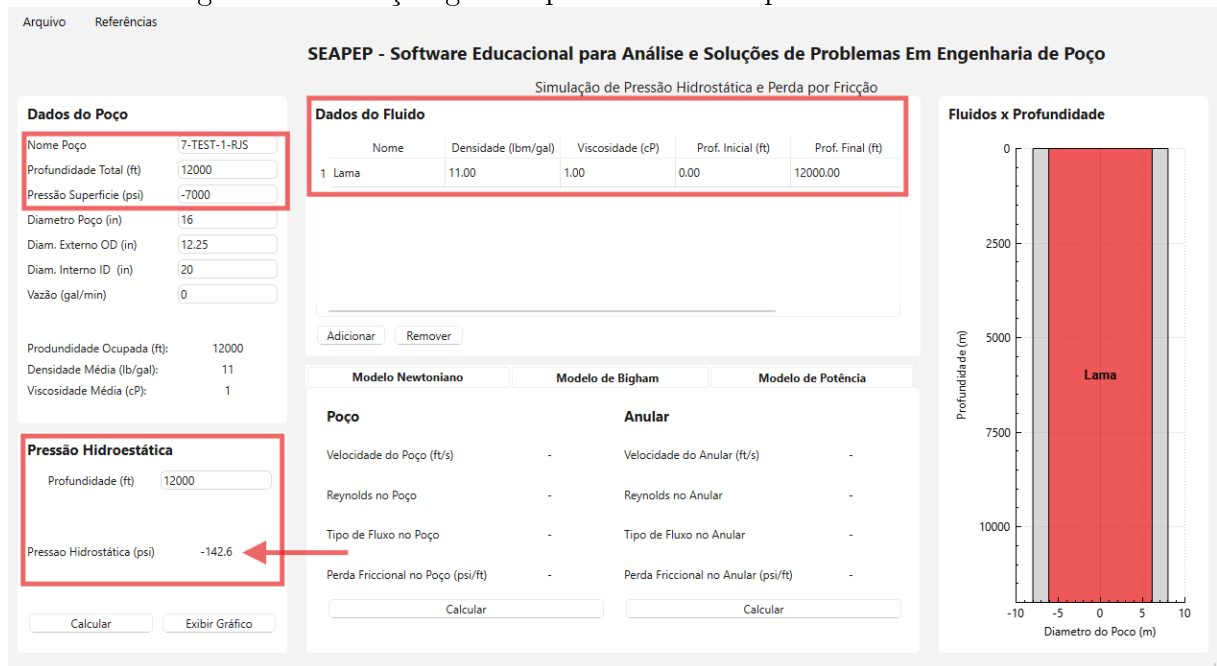
Um poço está sendo perfurado até 12.000 pés utilizando um fluido de perfuração com densidade de 11 lbm/gal. Durante a operação, uma formação permeável com pressão de fluido de 7.000 psig é exposta pela broca.

c. Calcule a pressão na superfície dentro da coluna de perfuração, caso os preventores de erupção estejam fechados. (traduzido, [?])

Resposta esperada: 136 psig

A partir da imagem abaixo 3.1 , gerada pelo software, é possível visualizar um exemplo de aplicação prática do sistema. No caso ilustrado, um cenário foi simulado com parâmetros de entrada previamente definidos. O resultado apresentado pelo software coincide exatamente com a resolução manual, demonstrando a capacidade do sistema de calcular corretamente a pressão na superfície em condição estática com os preventores fechados.

Figura 3.1: Solução gerada para calculo da pressão hidroestática



Fonte: Produzido pelo autor.

3.0.2 Modelo Newtoniano no Poço e Anular

Um poço está sendo perfurado a uma profundidade de 5.000 pés utilizando água como fluido de perfuração, com densidade de 8,33 lbm/gal e viscosidade de 1 cP. A coluna de perfuração possui diâmetro externo de 4,5 polegadas e diâmetro interno de 3,826 polegadas. O diâmetro do poço (buraco) é de 6,5 polegadas. O fluido de perfuração circula à razão de 500 galões por minuto. Considere rugosidade relativa igual a zero. (traduzido, [?])

a. Determine o regime de escoamento no tubo de perfuração.

Resposta esperada: turbulento

b. Determine a perda de pressão por fricção a cada 1.000 ft no tubo de perfuração.

Resposta esperada: 51,3 psi/1.000 ft

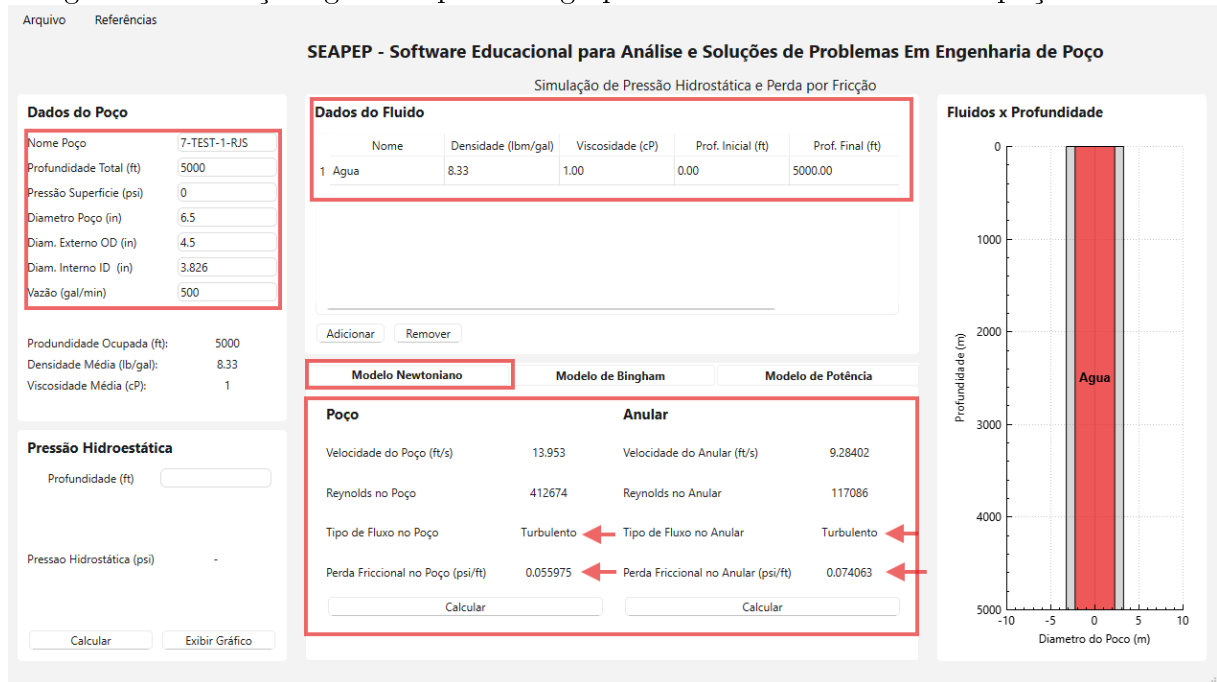
c. Determine o regime de escoamento no anular.

Resposta esperada: turbulento

d. Determine a perda de pressão por fricção a cada 1.000 ft no anular.

Resposta esperada: 72,9 psi/1.000 ft

Figura 3.2: Soluções geradas pelo código para modelo Newtoniano no poço e anular



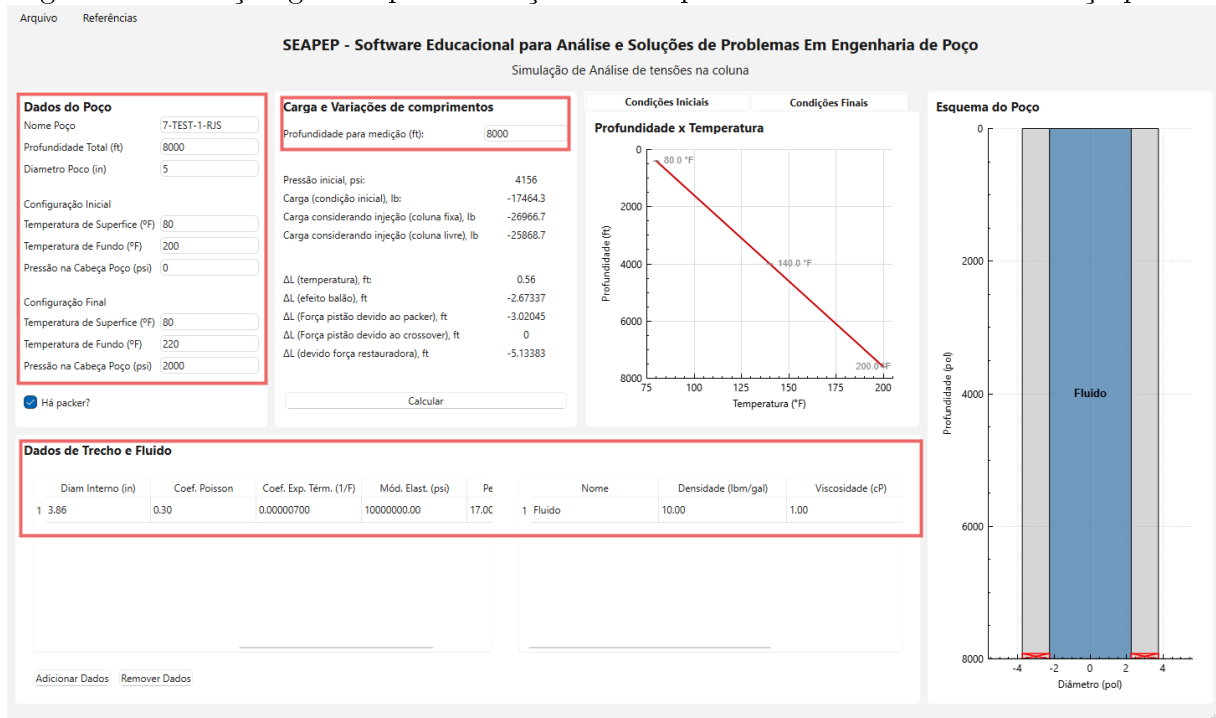
Fonte: Produzido pelo autor.

3.0.3 Variação do comprimento do tubo devido a força pistão

A completação analisada contém um packer instalado a 8.000 ft de profundidade. O tubo é livre para se mover e possui diâmetro externo de 4,5 polegadas e diâmetro interno de 3,862 polegadas, enquanto o packer apresenta diâmetro externo de 5,0 polegadas. Inicialmente, o poço estava preenchido com fluido de densidade igual a 10 lb/gal. A temperatura na superfície foi mantida constante em 80 °F, enquanto no fundo variou de 200 °F para 220 °F entre a condição inicial e final. O tubo apresenta módulo de elasticidade igual a 10^6 psi, coeficiente de Poisson de 0,3, peso por unidade de comprimento de 17,0 lb/ft e coeficiente de expansão térmica igual a $7,0 \times 10^{-6}$ °F⁻¹.

Resposta esperada: 3ft

Figura 3.3: Solução gerada para variação do comprimento do tubo devido a força pistão



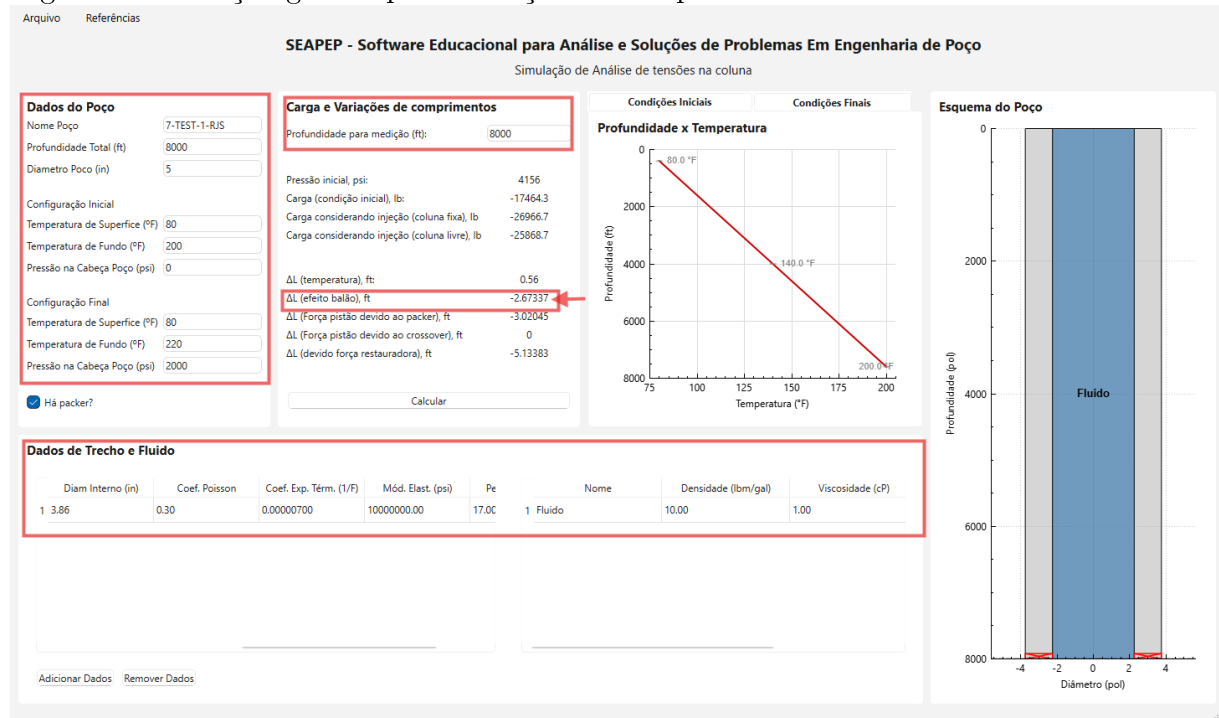
Fonte: Produzido pelo autor.

3.0.4 Variação do comprimento do tubo devido ao efeito balão

Utilizando o mesmo cenário descrito no item anterior, o efeito balão foi avaliado com base na mudança de pressão devido à substituição do fluido no tubo e no anular. A diferença de pressão provoca a expansão (ou contração) do tubo, afetando seu comprimento axial.

Resposta esperada: -2.6ft

Figura 3.4: Solução gerada para variação do comprimento do tubo devido ao efeito balão

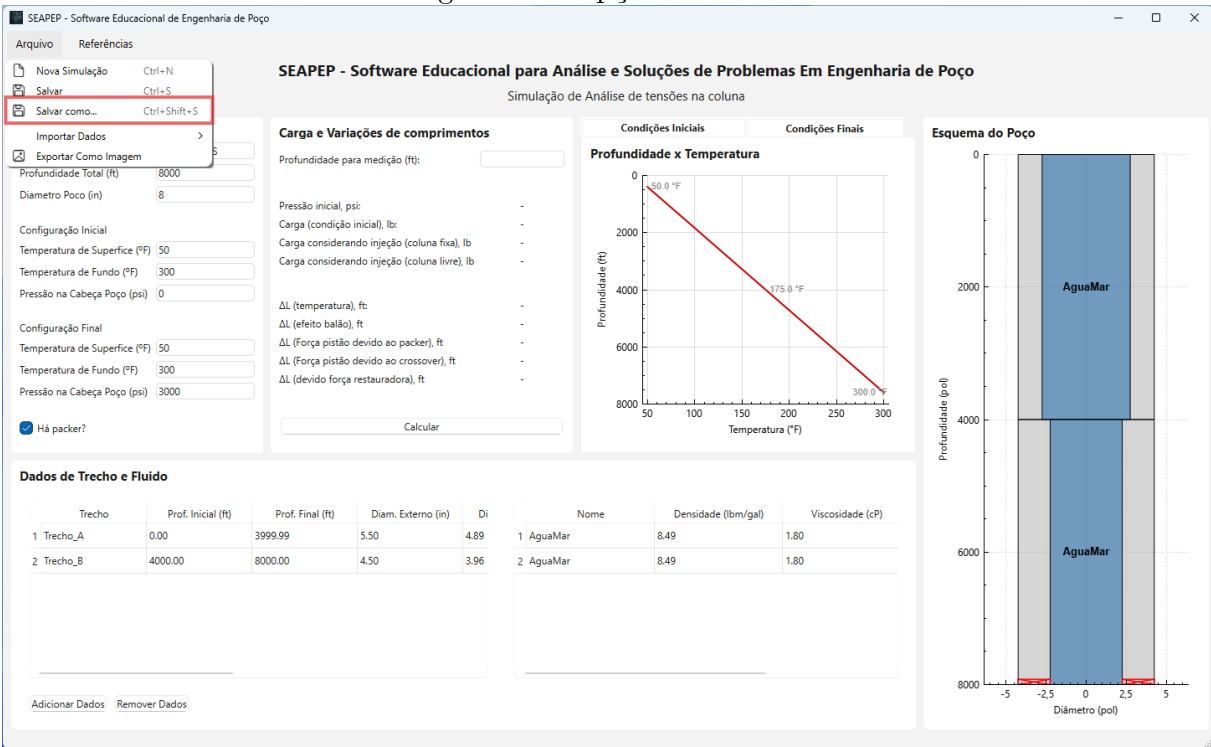


Fonte: Produzido pelo autor.

3.0.5 Validação da importação e exportação do documento (“salvar como...”)

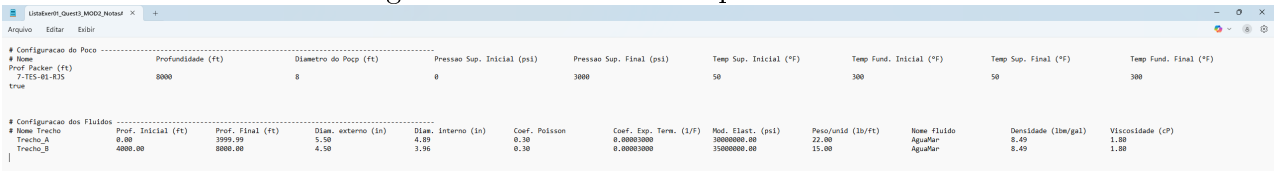
A funcionalidade de importação e exportação de arquivos foi validada por meio da opção “salvar como...” presente na interface do software, que permite ao usuário armazenar as configurações completas do poço e dos fluidos em arquivos com extensão .dat. Essa funcionalidade garante que os dados possam ser salvos, compartilhados e reabertos posteriormente com total fidelidade.

Figura 3.5: Opção de Salvar



Fonte: Produzido pelo autor.

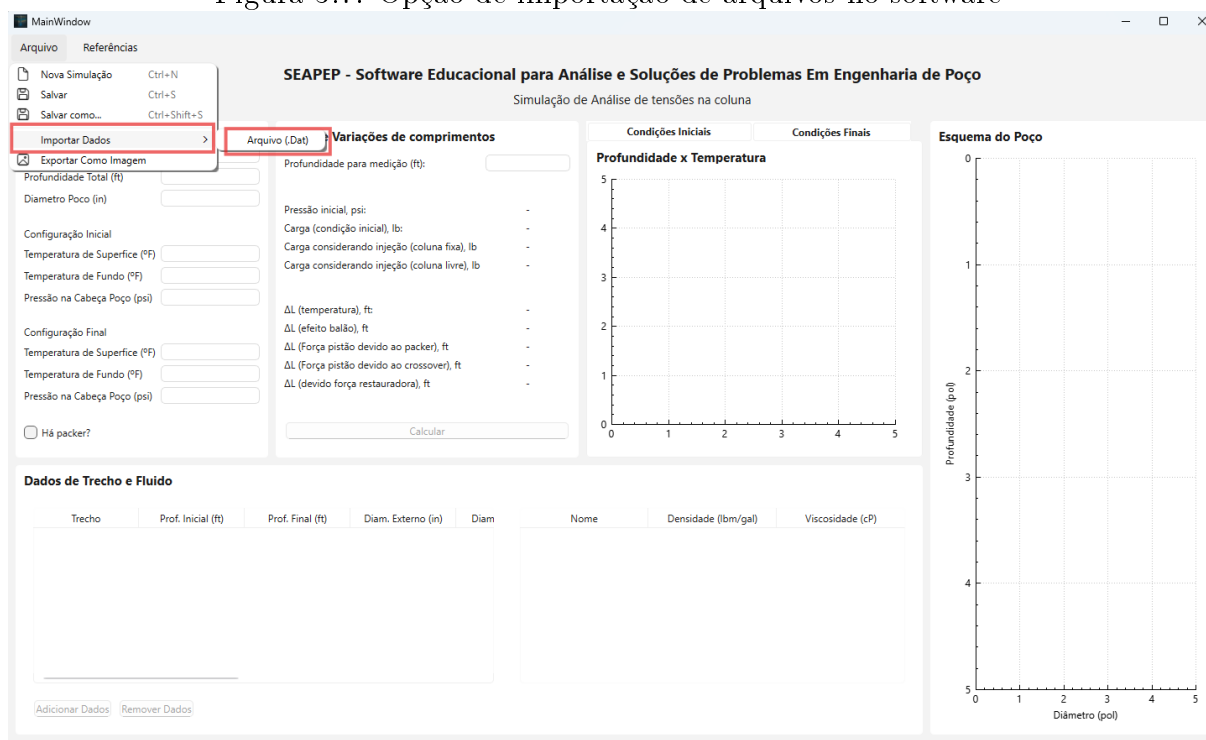
Figura 3.6: Modelo do Arquivo .dat



Fonte: Produzido pelo autor.

Posteriormente, os arquivos podem ser reimportados utilizando a opção de carregamento automático do software. Ao reabrir o arquivo salvo, todas as informações são recuperadas com exatidão, sem perdas numéricas ou inconsistências nos campos de entrada.

Figura 3.7: Opção de importação de arquivos no software



Fonte: Produzido pelo autor.

Capítulo 4

Contatos

O presente projeto de engenharia foi desenvolvido por alunos do curso de engenharia de petróleo da UENF sob coordenação do Professor André Duarte Bueno.

Para maiores informações entre em contato com os desenvolvedores:

- Autor:
 - Nathan Rangel Magalhães
 - <nrmagalhaes@hotmail.com>
- Coordenador:
 - Prof. André Duarte Bueno
 - <bueno@lenep.uenf.br>

4.1 Referências

O projeto foi desenvolvido tomando como base o modelo disponibilizado no site:

- <https://github.com/ldsc/ModeloDocumento-ProjetoEngenharia-ProgramacaoPratica>.
- Foram utilizadas informações de vários livros, incluindo:
- [Bueno, 2003, Bueno, 2022].

Referências Bibliográficas

[Bueno, 2003] Bueno, A. D. (2003). *Programação Orientada a Objeto com C++ - Aprenda a Programar em Ambiente Multiplataforma com Software Livre*. Novatec, São Paulo. 19

[Bueno, 2022] Bueno, A. D. (2022). *Programação Orientada a Objeto com C++ - Aprenda a Programar em Ambiente Multiplataforma com Software Livre*. o autor, Macaé. 19