

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E EXPLORAÇÃO DE
PETRÓLEO

PROJETO ENGENHARIA
DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE
PARA CÁLCULO DE POTENCIAL
DE INCRUSTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO

Versão 1:
AUTOR:JOÃO VITOR QUEIROZ PARDO E NICOLAU
AZEVEDO PRATES
Prof. André Duarte Bueno

MACAÉ - RJ
Versão 2023 - Semestre 2022/3

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Escopo do problema	1
1.2	Objetivos	1
2	Especificação	2
2.1	Especificação do Software - Requisitos	2
2.2	Nome do sistema/produto	2
2.3	Especificação	2
2.4	Requisitos funcionais	3
2.5	Requisitos não funcionais	3
2.6	Casos de uso do Software	3
2.7	Diagrama de caso de uso geral	4
3	Elaboração	4
3.1	Análise de domínio	4
3.2	Formulação teórica	5
3.3	Diagrama de pacotes – assuntos	5
4	AOO – Análise Orientada a Objeto	6
4.1	Diagramas de classes	6
4.2	Dicionário de classes	6
4.3	Diagrama de sequência geral	7
4.4	Diagrama de máquina de estado	8
4.5	Diagrama de atividades	9

Lista de Figuras

1	Tubulação de descarte de água incrustada	2
2	Diagrama de caso de uso – Caso de uso geral	4
3	Diagrama de Pacotes	6
4	Diagrama de classes	7
5	Diagrama de sequência	8
6	Diagrama de máquina de estado	9
7	Diagrama de atividades	9

Lista de Tabelas

1	Casos de uso geral do sistema	3
---	---	---

1 Introdução

- Introdução

Nicolau 1 de dezembro de 2023

Neste trabalho desenvolve-se um software para calculo de potencial de incrustação na produção de óleo.

1.1 Escopo do problema

Durante o processo de extração de petróleo, diversos desafios podem surgir, afetando diretamente a qualidade do produto final. Um desses desafios consiste na formação de incrustações no tubo de perfuração, originadas por compostos químicos de natureza inorgânica. Essas incrustações são constituídas por sais de baixa solubilidade em água, que, ao precipitarem, se acumulam nas superfícies internas do tubo. Esse acúmulo pode resultar em uma significativa redução ou até mesmo na obstrução completa do fluxo de produção, ocasionando prejuízos devido à inatividade do poço e aos custos adicionais de intervenção e limpeza operacional. A Figura 1 ilustra uma linha de descarte de água, cujo diâmetro interno foi consideravelmente reduzido devido à deposição de incrustações nas paredes internas do tubo. A melhor forma de evitar que esse tipo de problema venha ocorrer é aplicando produtos (Inibidores de Incrustação) ao longo do tubo de perfuração. Afim de remediar a formação de precipitados e consequentemente aumento a vida útil do equipamento como também aumento a produção de óleo. O software idealizado tem como objetivo calcular o nível de incrustação (1,2 ou 3) para que possa ser possível estudar um plano de ação para remediar esse problema. O software irá utilizar as informações da salmoura de formação (as concentrações de sais e ph) para entregar um resultado preliminar que posteriormente será testado em laboratório para testar sua veracidade.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste projeto de engenharia são:

- Objetivo geral:
 - Desenvolver um projeto de engenharia de software para entrada e saída de dados para calculo do potencial de incrustação na produção de petróleo
 - Calculo do potencial de incrustação.
 - Saída de classificação do nível de incrustação
 - Otimização na escolha de qual produto usar para o tratamento em questão
 - - Especificação



Figura 1: Tubulação de descarte de água incrustada .

2 Especificação

Neste capítulo do projeto de engenharia, apresenta-se a especificação do software a ser modelado e desenvolvido para cálculo do potencial de incrustação da água

2.1 Especificação do Software - Requisitos

2.2 Nome do sistema/produto

Nome	WSS (Water Scale Software)
Componentes principais	Entrada de medidas a serem calculados, ajuste dos parâmetros de cálculo e leitura dos dados.
Missão	Caracterizar o potencial de incrustação

2.3 Especificação

O projeto em questão envolve o desenvolvimento de um programa dedicado à realização de cálculos de nível de incrustação com base em dados fornecidos, incluindo concentrações de diversos elementos como Brometo, Estrôncio, Bicarbonato, Sódio, Bário, Magnésio, entre outros sais. Além disso, o programa tem a capacidade de ajustar o Ph da salmoura para

adequar-se às concentrações desejadas. Essas informações serão fornecidas pela empresa contratante do serviço.

Na execução do software, o usuário inserirá os parâmetros necessários para o cálculo do potencial, e o programa realizará a leitura e exportação dos resultados em formato de gráficos e tabelas.

2.4 Requisitos funcionais

Apresenta-se a seguir os requisitos funcionais:

RF-01	O programa deverá ser capaz de realizar os cálculos de incrustação dados proposto pelo usuário.
RF-02	Os resultados deverão ser exportados com tabelas e gráficos.
RF-03	O programa deverá realizar ajuste dos parâmetros de cálculo (quando necessário).

2.5 Requisitos não funcionais

RNF-01	Os cálculos devem ser feitos utilizando-se formulações matemáticas conhecidas da literatura.
RNF-02	O programa deverá ser multiplataforma, podendo ser executado em <i>Windows</i> , <i>GNU/Linux</i> ou <i>Mac</i> .

2.6 Casos de uso do Software

A Tabela 1. apresenta um caso de uso do sistema.

Tabela 1: Casos de uso geral do sistema

Nome do caso de uso:	Entrada de parâmetros e leitura de resultados do WSS.
Resumo/descrição:	O teste terá como objetivo calcular as afinidades dos sais colocados como parâmetros.
Etapas:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inserir parâmetros de entrada; 2. Ajuste dos parâmetros de medição; 3. Leitura dos resultados; 4. Apresentação dos resultados no formato de tabelas e gráficos; 5. Inserir parâmetros da amostra; 6. Cálculo do potencial de incrustação.
Cenários alternativos:	Escolher uma opção diferente das listadas no programa, inserir valores negativos ou incompatíveis com a ordem de grandeza do problema.

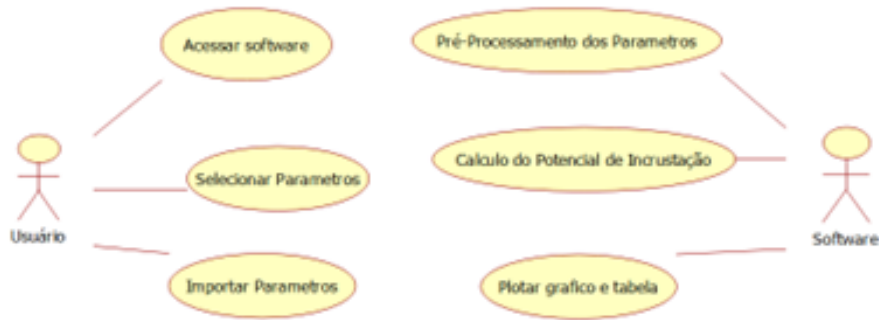


Figura 2: Diagrama de caso de uso – Caso de uso geral

2.7 Diagrama de caso de uso geral

O diagrama de caso de uso geral da Figura mostra o usuário entrando com os parâmetros desejados, ajustando os parâmetros de medição e fazendo análise de resultados.

- Elaboração

3 Elaboração

Neste capítulo será apresentada a elaboração do programa desenvolvido WSS, que, no caso, foi feita através de pesquisas bibliográficas.

3.1 Análise de domínio

O desenvolvimento deste software está focado na área de produção do óleo, onde o objetivo é extrair petróleo de reservatórios. Para atingir esse objetivo, são analisadas informações sobre a composição da salmoura, à semelhança dos corpos d'água onde ocorre a produção de petróleo. Isso inclui concentrações de certos sais, como brometo, estrôncio, bicarbonato, sódio, bário e magnésio. E análise do pH.

A compreensão dessas concentrações nos permite criar um software que pode contabilizar possíveis incrustações nessa área. Esta análise permite desenvolver um plano de ação para abordar potenciais questões relacionadas à escala.

3.2 Formulação teórica

O cálculo do potencial de incrustação é um processo complexo que requer uma compreensão detalhada da composição química da água e dos fatores termodinâmicos que influenciam a formação de depósitos sólidos. Abaixo, será exemplificado como realizar esse cálculo:

1. Entenda a composição da água: Colete dados sobre a composição química da água. Estes incluem concentrações de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e outros íons.
2. Identificação de sais precipitáveis: Considerando as concentrações dos íons identificados, determine quais sais podem ser precipitados da água. Alguns sais comuns incluem carbonato de cálcio (CaCO_3), sulfato de bário (BaSO_4) e fosfato de magnésio ($\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$).
3. Cálculo termodinâmico: Use um modelo termodinâmico (por exemplo, diagrama de estabilidade de fase) para calcular a saturação de água associada a estes sais. Esses cálculos envolvem a avaliação de parâmetros como temperatura, pressão e pH para determinar as condições sob as quais o sal tem maior probabilidade de precipitar.
4. Índice de Saturação (SI): Calcule o índice de saturação (SI) para cada sal. IS compara a concentração real de sal na água com a concentração necessária para a saturação. Se IS for maior que 1, indica a presença de supersaturação e indica o potencial de incrustação.
5. Ajuste de pH: Considere o efeito do pH na solubilidade do sal. Alguns íons precipitam mais facilmente em condições básicas ou ácidas. Ajustar o pH pode ser uma estratégia para evitar a formação de incrustações.
6. Software especial: A utilização de softwares especializados em química e termodinâmica da água pode facilitar esses cálculos, proporcionando resultados mais precisos e eficientes.
7. Interpretação e plano de ação: Avalie os cálculos para levar em conta o potencial de incrustação. Desenvolva um plano de ação, que pode incluir o uso de anti-incrustantes, ajustes no tratamento da água ou outras medidas preventivas.

3.3 Diagrama de pacotes – assuntos

O diagrama de pacotes fornece informações das dependências dos pacotes e como eles se relacionam, Figura .

- Análise Orientada a Objeto

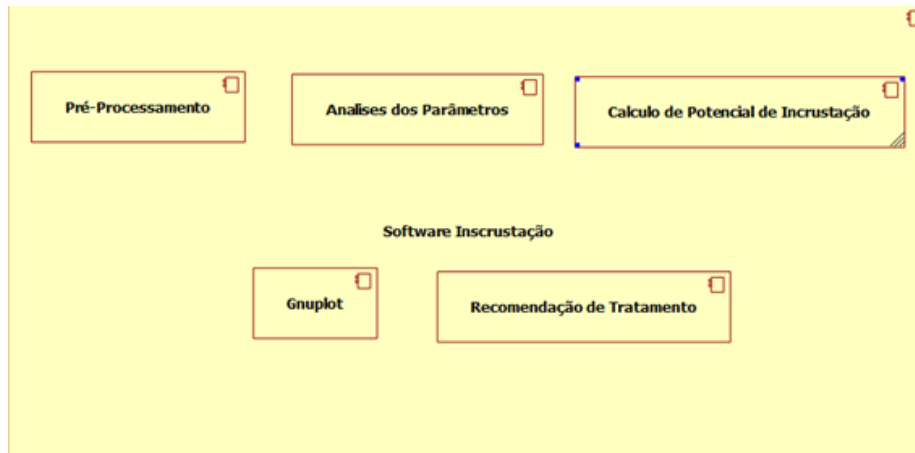


Figura 3: Diagrama de Pacotes

4 AOO – Análise Orientada a Objeto

Neste capítulo será apresentada a análise orientada a objeto do projeto de software desenvolvido WSS.

4.1 Diagramas de classes

O diagrama de classes é apresentado na Figura 4.

4.2 Dicionário de classes

- Classe CIncrustação: representa uma classe com os parâmetros necessários para que possa ser efetuado o cálculo do potencial de incrustação da produção.
- Classe Cconcentração_Sais: representa uma classe para solicitar informações sobre as concentrações da salmoura estuda em questão.
- Classe CAmostra: representa uma amostra computadorizada de rocha em que serão analisadas as concentrações da salmoura.
- Classe CCalculo_Incrustação: Realiza os cálculos matemáticos necessários para determinar a incrustação das amostras
- Classe CGnuplot: representa uma classe para criação e geração de gráficos. Apresenta as propriedades para criação de diferentes tipos de gráficos.
- Classe CParametros: representa uma classe para ajuste dos parâmetros do cenário estudado. dessas propriedades.

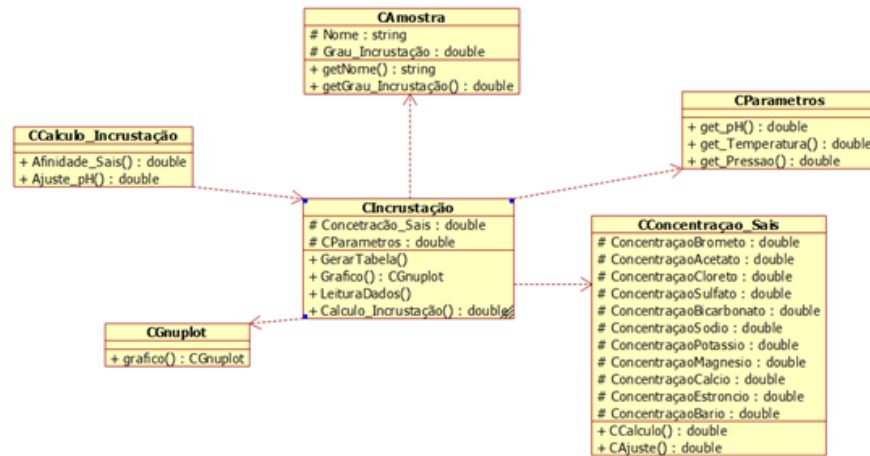


Figura 4: Diagrama de classes

4.3 Diagrama de sequência geral

Veja o diagrama de sequência na Figura 5.

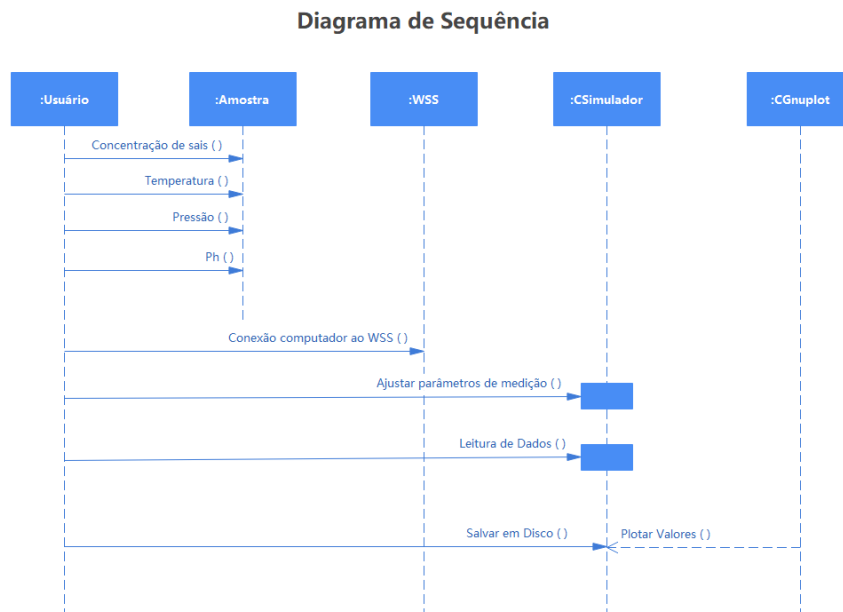


Figura 5: Diagrama de seqüência

4.4 Diagrama de máquina de estado

Veja na Figura 6 o diagrama de máquina de estado.

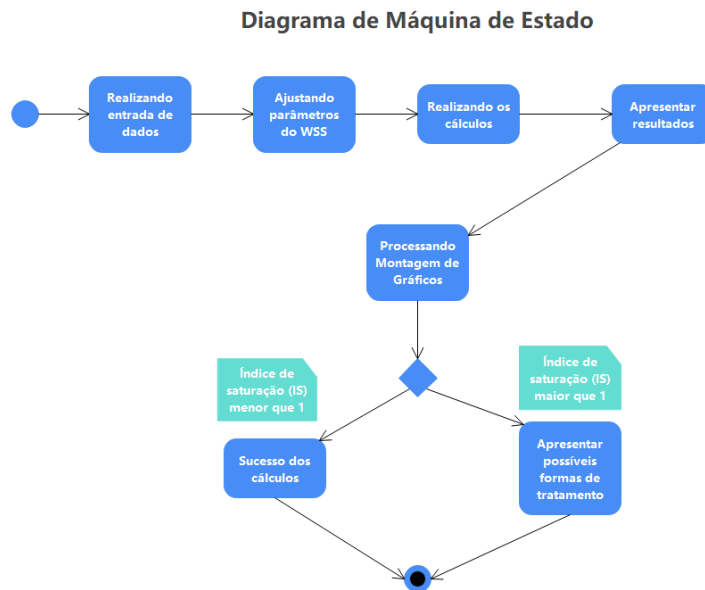


Figura 6: Diagrama de máquina de estado

4.5 Diagrama de atividades

Veja na Figura 7 o diagrama de atividades do software.

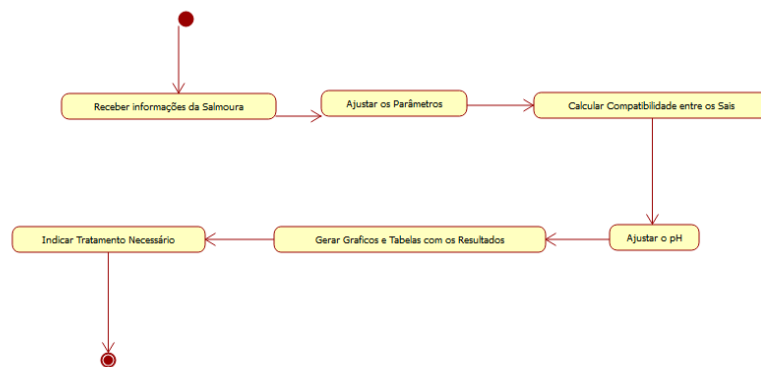


Figura 7: Diagrama de atividades