

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

PROJETO ENGENHARIA
DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE
DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE ROCHAS
SEDIMENTARES UTILIZANDO DADOS OBTIDOS POR ANÁLISE DE
IMAGENS DIGITAIS
TRABALHO DA DISCIPLINA PROGRAMAÇÃO PRÁTICA

Versão 1:
JULIANA REZENDE ÁVILA

Versão 2 (Atualizado):
AUGUSTO CAIO ROTTE
FELLIP SILVEIRA DE ASSIS MATHIAS

Prof. André Duarte Bueno

MACAÉ - RJ
Dezembro - 2023

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Escopo do problema	1
1.2	Objetivos	2
2	Especificação	4
2.1	Nome do sistema e produto	4
2.2	Especificação	4
2.2.1	Requisitos funcionais	5
2.2.2	Requisitos não funcionais	6
2.3	Casos de uso	7
2.3.1	Diagrama de caso de uso geral	9
2.3.2	Diagrama de caso de uso específico	10
3	Elaboração	12
3.1	Análise de domínio	12
3.2	Formulação teórica	12
3.3	Identificação de pacotes – assuntos	15
3.4	Diagrama de pacotes – assuntos	17
4	AOO – Análise Orientada a Objeto	18
4.1	Diagramas de classes	18
4.1.1	Dicionário de classes	19
4.2	Diagrama de sequência – eventos e mensagens	20
4.2.1	Diagrama de sequência geral	20
4.2.2	Diagrama de sequência específico	22
4.3	Diagrama de comunicação – colaboração	22
4.4	Diagrama de máquina de estado	23
4.5	Diagrama de atividades	23
5	Projeto	25
5.1	Projeto do sistema	25
5.2	Projeto orientado a objeto – POO	26

5.3	Diagrama de componentes	27
5.4	Diagrama de implantação	28
6	Ciclos de Planejamento/Detalhamento	29
6.1	Versão 0.1 - xxx	29
6.2	Versão 0.2 - xxx	29
7	Ciclos Construção - Implementação	31
7.1	Código fonte	31
8	Teste	35
8.1	Teste 1: Descrição	35
8.2	Teste 2: Descrição	36
8.3	Teste 3: Descrição	37
9	Documentação para o Desenvolvedor	39
9.1	Dependências para compilar o software	39
9.2	Como gerar a documentação usando doxygen	39
A	Título do Apêndice	43
A.1	Sub-Título do Apêndice	43
B	Usando T_EX/L^AT_EX/LyX	44
B.1	Pacotes a serem instalados	44
B.1.1	Windows	44
B.1.2	GNU/Linux	44
B.2	Inclusão de Figuras	46
B.3	Inclusão de Equações	49
B.4	Inclusão de Tabelas	49
B.5	Inclusão de Listagens de Código	50
B.6	Roteiro Para Uso do Sistema de Citações Com Banco de Dados .bib	50
B.6.1	Citações no meio do texto	53
B.6.2	Citações no início do texto	53
B.6.3	Citações tipo apud	53
B.6.4	Incluir nas referências bibliográficas (fim do documento), mas não citar	53
B.7	Informações Adicionais	54

Lista de Figuras

2.1	Diagrama de caso de uso – Caso de uso geral	10
2.2	Diagrama de caso de uso específico – Calculo de permeabilidade	11
3.1	Exemplo do arquivo exportado pelo ImageJ (formato ASCII e extensão .txt)	15
3.2	Diagrama de Pacotes	17
4.1	Diagrama de classes	18
4.2	Diagrama de sequência	22
4.3	Diagrama de sequência específico	22
4.4	Diagrama de comunicação	23
4.5	Diagrama de máquina de estado do objeto	23
4.6	Diagrama de atividades	24
5.1	Diagrama de componentes do sistema	27
5.2	Diagrama de implantação	28
6.1	Versão 0.1, imagem do programa rodando	29
6.2	Versão 0.2, imagem do programa rodando	30
8.1	Tela do programa mostrando xxx	36
8.2	Tela do programa mostrando xxx	37
8.3	Tela do programa mostrando xxx	38
B.1	Etapas fundamentais no processamento digital de imagens, aplicadas ao estudo de lâminas de meios porosos [adaptado de Gonzales e Woods (1992)]	48
B.2	Titulo da figura. Em (a) blablabla; em (b) blablabla	48

Lista de Tabelas

2.1	Caso de uso geral	8
2.2	Exemplo de caso de uso específico	9
B.1	Exemplo de tabela flutuante.	50
B.2	Exemplo de tabela flutuante - coluna com dimensão fixa e rotacionada. . .	55

Listagens

7.1	Arquivo de cabeçalho da classe CSimulador-nome	31
7.2	Arquivo de implementação da classe CSimulador-nome	33
7.3	Arquivo de implementação da função <code>main()</code>	34
	<code>../src/Simulador-nome.out</code>	34

Capítulo 1

Introdução

Este projeto de engenharia desenvolve um software orientado a objetos para a análise de propriedades físicas de rochas sedimentares. Utilizando a análise digital de imagens (ADI) com o software ImageJ, o sistema busca por porosidade, distribuição de tamanho de poros e permeabilidade em lâminas petrográficas. Além disso, incorpora módulos específicos para a análise de porosidade, parâmetros morfométricos, propriedades da rocha, método RbSr, volume representativo do elemento (REV), simulação de fluxo de fluidos (líquido e gasoso) e o cálculo do vetor área do perímetro. Essas funcionalidades abrangem desde análises quantitativas até simulações complexas, proporcionando uma abordagem holística na caracterização de rochas sedimentares na indústria de exploração de petróleo.

1.1 Escopo do problema

O estudo de rochas através de análise microscopia consiste na utilização de amostras de testemunhos retirados de campo. Essas são cortadas e preparadas como lâminas delgadas para posteriores observações via microscópio ótico [?]. Quando o microscópio é conectado a um computador é possível capturar imagens da lâmina em diferentes resoluções. A partir dessas imagens, utilizando o *software* gratuito ImageJ é possível extrair parâmetros de grande valia para caracterizar a rocha [?].

Este conjunto de análises e simulações compõem um projeto de engenharia que utiliza o paradigma da orientação a objetos.

Seguem os dados usados no Projeto:

Análise Porosidade:

Realiza a análise da porosidade em amostras de lâminas petrográficas de rochas sedimentares, obtendo dados por meio da análise digital de imagens com o software ImageJ. Os resultados são utilizados para calcular a porosidade e contribuir para a caracterização do reservatório.

Parâmetros Morfométricos:

Configura e conduz análises morfométricas nas imagens obtidas, extraíndo dados como

área e perímetro de poros. Esses parâmetros são fundamentais para a determinação da distribuição de tamanho de poros e para estimar a superfície de poro específica.

Propriedades da Rocha (homogeneidade e heterogeneidade):

Realiza análises de homogeneidade e heterogeneidade das propriedades da rocha. Isso inclui características como cor, tamanho e tipo. Os resultados dessas análises contribuem para um entendimento mais abrangente da composição da rocha.

Método RbSr:

Utiliza o método RbSr para análise isotópica de rochas, obtendo dados como data de coleta, idade e relação isotópica. Essas informações são cruciais para compreender a evolução geológica e características específicas das amostras.

Volume Representativo do Elemento (REV):

Identifica e caracteriza elementos representativos do volume da rocha, essenciais para simulações futuras. Essa análise contribui para a compreensão das propriedades macroscópicas da rocha.

Simulação de Fluxo de Fluidos (líquido e gasoso):

Configura e conduz simulações de fluxo de fluidos, tanto líquidos quanto gasosos, utilizando as propriedades previamente analisadas. As simulações incluem a configuração de viscosidade, temperatura, compressibilidade, entre outros parâmetros relevantes.. É de grande valia determinar essas características para realizar um bom estudo do reservatório que se espera produzir.

Cálculo da Área do Vetor do Perímetro:

Realiza correlações para encontrar a porosidade, a permeabilidade, a distribuição de tamanho de poros na rocha e estimativa de superfície de poro específica.

Nesse *software*, os dados gerados no ImageJ serão processados e transformados em informações importantes sobre a rocha analisada.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste projeto de engenharia são:

- Objetivo geral:
 - Desenvolver um software integrado para caracterização avançada de rochas sedimentares: O objetivo principal do projeto é criar uma ferramenta de software robusta e orientada a objetos capaz de conduzir análises aprofundadas em amostras de rochas sedimentares. O software visa integrar múltiplas classes e funcionalidades para fornecer uma caracterização completa dos reservatórios.
- Objetivos específicos:

- Realizar análises de porosidade: Desenvolver métodos específicos para conduzir análises de porosidade em amostras de lâminas petrográficas, utilizando o software ImageJ como plataforma de análise digital de imagens.
- Configurar e executar análises morfométricas para obtenção de parâmetros essenciais: Desenvolver funcionalidades na classe Parametros Morfometricos para configurar e conduzir análises morfométricas, extraíndo dados cruciais como área e perímetro de poros, fundamentais para a caracterização das amostras.
- Realizar análises de homogeneidade e heterogeneidade das propriedades da rocha: Implementar métodos na classe Propriedades Rocha para realizar análises detalhadas das características homogêneas e heterogêneas, contribuindo para um entendimento mais abrangente da composição da rocha.
- Utilizar o Método RbSr para análise isotópica de rochas: Desenvolver funcionalidades na classe Metodo RbSr para configurar e conduzir análises isotópicas, obtendo dados como data de coleta, idade e relação isotópica, essenciais para compreender a evolução geológica das amostras.
- Identificar e caracterizar elementos representativos para simulações futuras: Implementar funcionalidades na classe Volume Representativo do Elemento (REV) para identificar e caracterizar elementos representativos do volume da rocha, contribuindo para simulações futuras.
- Configurar e conduzir simulações de fluxo de fluidos (líquido e gasoso): Desenvolver métodos na classe SimulacaoFluxoFluidos para configurar e conduzir simulações de fluxo, utilizando as propriedades analisadas, como viscosidade, temperatura e compressibilidade.
- Realizar correlações para determinar porosidade, permeabilidade e distribuição de tamanho de poros: Implementar funcionalidades na classe CVetorAreaPerimetro para realizar correlações essenciais para determinar porosidade, permeabilidade e distribuição de tamanho de poros nas rochas sedimentares.
- Processar dados gerados no ImageJ e transformá-los em informações cruciais: Integrar a classe CVetorAreaPerimetro ao fluxo de processamento do software, garantindo que os dados gerados no ImageJ sejam processados e transformados em informações valiosas sobre as rochas analisadas.

Capítulo 2

Especificação

Apresenta-se neste capítulo do projeto de engenharia a concepção, a especificação do sistema a ser modelado e desenvolvido.

2.1 Nome do sistema e produto

Nome	Propriedades Físicas
Componentes principais	Determinação de propriedades físicas de rochas sedimentares a partir de dados área do perímetro, fluxo de fluidos, método RbSr, propriedades da rocha, porosidade, volume representativo do elemento e parâmetros morfométricos obtidos por análise de imagens digitais pelo <i>software</i> ImageJ.
Missão	Uma ferramenta para auxiliar e otimizar os estudos de lâminas petrográficas na caracterização do reservatório.

2.2 Especificação

O sistema tem como papel criar um software orientado a objetos capaz de realizar análises avançadas em amostras de rochas sedimentares, visando uma caracterização completa dos reservatórios petrolíferos. Cada componente do projeto desempenha um papel específico, contribuindo para uma compreensão abrangente das propriedades das rochas.

CVetorAreaPerimetro: Essencial para análises morfométricas, calcula a área e o perímetro dos poros, fornecendo dados cruciais para correlacionar características geométricas com propriedades físicas.

Análise Porosidade: Conduz análises de porosidade utilizando a técnica de Análise Digital de Imagens (ADI) com o software ImageJ, fornecendo dados para o cálculo da porosidade.

Parâmetros Morfométricos: Configura e conduz análises morfométricas, extraindo dados como área e perímetro de poros, fundamentais para determinar a distribuição de tamanho de poros e estimar a superfície de poro específica.

Propriedades Rocha (homogeneidade e heterogeneidade): Realiza análises detalhadas das características homogêneas e heterogêneas da rocha, contribuindo para uma compreensão mais abrangente de sua composição.

Metodo RbSr: Utiliza o método RbSr para análise isotópica de rochas, obtendo dados cruciais, como data de coleta, idade e relação isotópica, para compreender a evolução geológica das amostras.

Volume Representativo do Elemento (REV): Identifica e caracteriza elementos representativos do volume da rocha, essenciais para simulações futuras e compreensão das propriedades macroscópicas.

Simulação de Fluxo de Fluidos (líquido e gasoso): Configura e conduz simulações de fluxo de fluidos, utilizando propriedades previamente analisadas, incluindo viscosidade, temperatura e compressibilidade.

Após o processamento as distribuições deverão ser apresentadas em forma de gráfico e os valores dos parâmetros calculados em arquivos de saída no formato ASCII.

Os gráficos serão gerados pelo *software* externo gnuplot (<http://www.gnuplot.info>).

Este *software* tem licença GPL, podendo ser livremente distribuído e copiado.

2.2.1 Requisitos funcionais

Apresenta-se a seguir os requisitos funcionais.

RF-01	Calcular a área total dos poros na amostra.
RF-02	Calcular o perímetro total dos poros na amostra.
RF-03	Iniciar e conduzir a análise da porosidade em amostras de lâminas petrográficas.
RF-04	Processar os resultados da análise para calcular a porosidade da amostra.
RF-05	Configurar os parâmetros para análises morfométricas.
RF-06	Executar a análise morfométrica, extraindo dados como área e perímetro de poros.

RF-07	Realizar análises de homogeneidade das propriedades da rocha.
RF-08	Realizar análises de heterogeneidade das propriedades da rocha.
RF-09	Configurar os parâmetros para análise isotópica usando o método RbSr.
RF-10	Executar a análise isotópica, obtendo dados como data de coleta, idade e relação isotópica.
RF-11	Identificar elementos representativos para análises futuras.
RF-12	Caracterizar elementos identificados, contribuindo para a compreensão das propriedades macroscópicas.
RF-13	Configurar parâmetros para simulação de fluxo de fluidos líquidos.
RF-14	Configurar parâmetros para simulação de fluxo de fluidos gasosos.
RF-15	Conduzir a simulação de fluxo, incluindo viscosidade, temperatura e compressibilidade.

2.2.2 Requisitos não funcionais

RNF-01	O software deve ser capaz de processar e analisar grandes conjuntos de dados de imagem de forma eficiente, garantindo tempos de resposta rápidos para o usuário.
RNF-02	A execução das simulações de fluxo de fluidos deve ser otimizada para lidar com diferentes escalas de complexidade, mantendo a eficiência computacional.
RNF-03	A interface do usuário deve ser intuitiva, proporcionando uma experiência de usuário amigável e facilitando o uso por profissionais da indústria de petróleo.
RNF-04	O software deve fornecer feedback claro sobre o progresso das análises, simulações e resultados obtidos.
RNF-05	O software deve ser robusto e resistente a falhas, assegurando que as análises e simulações possam ser concluídas mesmo em condições adversas.

RNF-06	Em caso de interrupção inesperada, o software deve ser capaz de recuperar o estado da análise ou simulação em que estava antes da falha.
RNF-07	O acesso ao software deve ser protegido por autenticação, garantindo que apenas usuários autorizados possam realizar análises e simulações.
RNF-08	As informações sensíveis, como dados de amostras, devem ser armazenadas de forma segura e estar sujeitas a políticas de privacidade rigorosas.
RNF-09	O software deve ser compatível com diferentes sistemas operacionais, garantindo sua utilização em uma variedade de ambientes de trabalho.
RNF-10	A interoperabilidade com outros softwares amplamente utilizados na indústria de petróleo, como o ImageJ, deve ser assegurada.
RNF-11	O código-fonte do software deve ser estruturado e documentado de forma clara, facilitando a manutenção e futuras atualizações.
RNF-12	Módulos específicos do software devem ser facilmente substituíveis para permitir a incorporação de avanços tecnológicos.
RNF-13	O software deve ser projetado para otimizar o consumo de recursos computacionais.
RNF-14	O software deve permitir a fácil integração com outros sistemas utilizados na indústria de petróleo, possibilitando uma abordagem de trabalho mais holística.

2.3 Casos de uso

Nessa seção, apresenta-se caso de uso do sistema. Na Tabela 2.1 é explicitado o caso de uso geral e na Tabela 2.2 um caso de uso específico.

Tabela 2.1: Caso de uso geral

Nome do caso de uso:	Geral
Resumo/descrição:	Todas etapas do programa desenvolvido.
Etapas:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selecionar amostra para análise. 2. Configurar parâmetros de análise. 3. Executar análise de porosidade. 4. Selecionar amostra para análise morfométrica. 5. Configurar parâmetros de análise. 6. Executar análise morfométrica. 7. Selecionar amostra para análise de propriedades. 8. Executar análise de homogeneidade. 9. Executar análise de heterogeneidade. 10. Selecionar amostra para análise isotópica. 11. Configurar parâmetros do método RbSr. 12. Executar análise isotópica. 13. Identificar elementos representativos. 14. Caracterizar elementos identificados. 15. Configurar parâmetros da simulação. 16. Executar simulação de fluxo líquido. 17. Configurar parâmetros da simulação. 18. Executar simulação de fluxo gasoso.
Cenários alternativos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se a amostra não estiver adequada para análise, o sistema notifica o usuário. 2. Se os parâmetros de análise não forem adequados, o usuário pode ajustá-los. 3. Se a análise não for conclusiva, o usuário pode repetir a análise ou verificar outras propriedades. 4. Se os resultados não forem satisfatórios, o usuário pode revisar os parâmetros ou escolher outra amostra. 5. Se a identificação não for precisa, o usuário pode ajustar critérios de seleção. 6. Se os resultados não forem satisfatórios, o usuário pode ajustar parâmetros.

Tabela 2.2: Exemplo de caso de uso específico

Nome do caso de uso:	Específico
Resumo/descrição:	Determinação de cada etapa do programa.
Etapas:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário inicia o software e acessa o módulo específico para a determinação de propriedades físicas. 2. O sistema solicita a seleção da amostra de lâmina petrográfica para análise. 3. O usuário carrega a imagem da lâmina no software ImageJ por meio da interface do sistema. 4. O sistema realiza a análise digital da imagem, identificando poros e aglutinações na matriz da rocha. 5. Os parâmetros de interesse, como área e perímetro de cada poro, são extraídos pela ferramenta ImageJ. 6. Utilizando os dados obtidos, o sistema calcula a porosidade, distribuição do tamanho de poros, superfície de poro específica e permeabilidade. 7. Os resultados são apresentados ao usuário, incluindo gráficos e métricas específicas das propriedades da amostra.
Cenários alternativos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se a imagem da lâmina não for carregada corretamente, o sistema emite uma mensagem de erro e orienta sobre os formatos suportados. 2. Caso a análise digital não for concluída com sucesso, o sistema fornece sugestões para otimizar a qualidade da imagem ou ajustar parâmetros de análise.

2.3.1 Diagrama de caso de uso geral

O diagrama de caso de uso geral da Figura 2.1 mostra o usuário gerando as análises de porosidade, análises morfométricas, avaliação de propriedades da rocha, análises isotópicas (método RbSr), identificação de elementos representativos e simulações de fluxo de fluidos. Essas funcionalidades visam proporcionar uma visão abrangente das propriedades das rochas, desde a microestrutura até as características isotópicas e de fluxo de fluidos.

Diagrama de Caso de Uso Geral

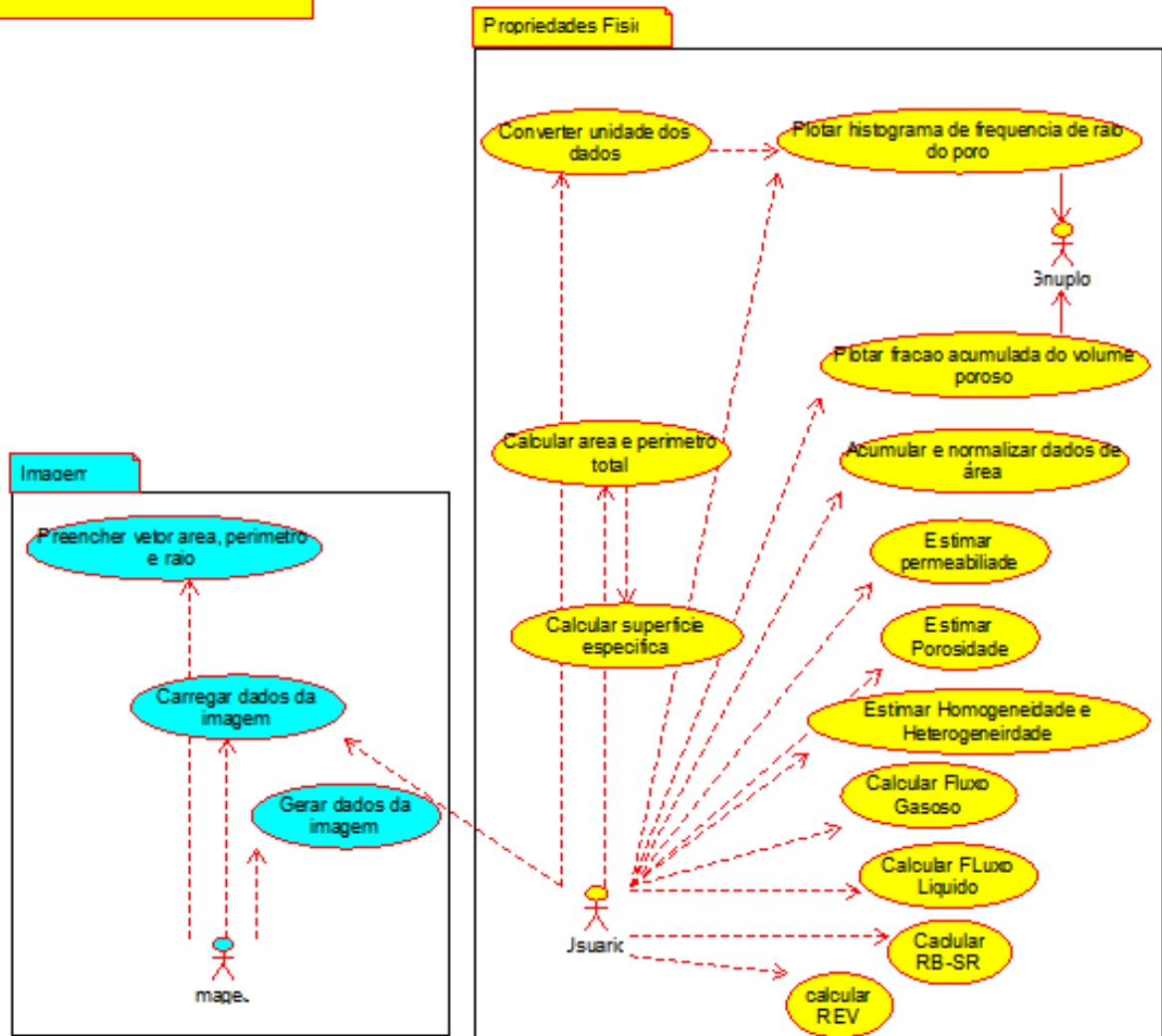


Figura 2.1: Diagrama de caso de uso – Caso de uso geral

2.3.2 Diagrama de caso de uso específico

Nesse caso do diagrama de caso de uso os usuários podem conduzir análises de porosidade, análises morfométricas, avaliação de propriedades da rocha, análises isotópicas pelo método RbSr, identificação de elementos representativos e simulações de fluxo de fluidos (líquidos e gasosos). Cada módulo oferece funcionalidades distintas, proporcionando uma abordagem abrangente para a caracterização de rochas sedimentares, desde análises microscópicas até simulações de comportamento de fluidos.. Esse processo é visto na Figura 2.2.

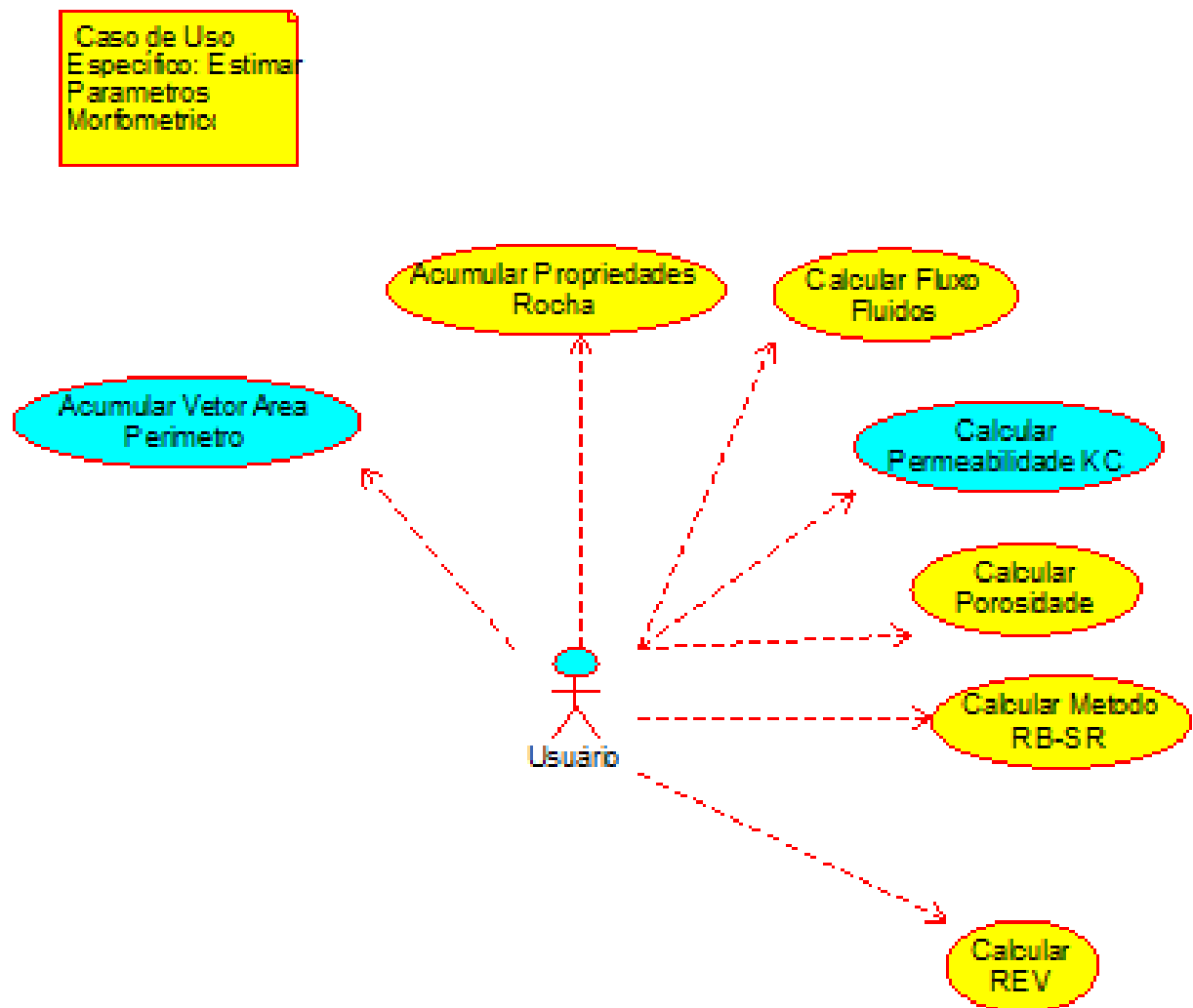


Figura 2.2: Diagrama de caso de uso específico – Cálculo de permeabilidade

Capítulo 3

Elaboração

Neste capítulo apresenta-se o estudo de conceitos relacionados ao sistema a ser desenvolvido, a análise de domínio e a identificação de pacotes.

3.1 Análise de domínio

A escolha do desenvolvimento desse *software* teve como principal motivo otimizar estudos feitos de análise de imagens com lâminas petrográficas. Os resultados necessários para estudo eram trabalhosos e repetitivos, assim demandavam um tempo que não é necessário. Para diminuir o tempo de pesquisa da área de petrofísica da rochas esse projeto foi elaborado.

Após estudo dos requisitos/especificações do sistema, algumas entrevistas, estudos na biblioteca e disciplinas do curso foi possível identificar o domínio desse trabalho:

- Caracterização de reservatórios;
- Petrofísica fundamentada na física da rocha;
- Análise digital de imagens de lâminas petrográficas com microscopia ótica;
- Segmentação de imagens;
- Estudo da permeabilidade e porosidade de amostras de lâminas petrográficas de rochas sedimentares.

3.2 Formulação teórica

A indústria de exploração de petróleo vem desenvolvendo diversas ferramentas e técnicas que auxiliam na caracterização petrofísica de campos petrolíferos. Essa caracterização consiste em determinar parâmetros de armazenamento e escoamento do fluido. Entre esses destacam-se a porosidade e a permeabilidade [?]. Esses projetos visam à aproximação de um modelo de reservatório mais adequado ao quadro real. O estudo de rochas através de

análise microscópica consiste na utilização de lâminas extraídas de testemunhos retirados de campo, essas são cortadas e preparadas para posteriores observações via microscópio ótico [?]. Na fase de preparação das lâminas, uma resina epóxi, de cor azulada, é injetada na amostra delgada a vácuo, de modo a ocupar os poros da rocha. Este procedimento faz com que seja ressaltado o espaço poroso ao ser observado num microscópio ótico. Quando esse tem acoplado uma câmera digital e é conectado a um computador, é possível capturar imagens da lâmina em diferentes resoluções. Utilizando-se *softwares* de tratamento de imagens é possível extrair parâmetros de grande valia para caracterizar a rocha.

A análise digital de imagem (ADI) de lâminas petrográficas é uma técnica que permite uma interpretação quantitativa do espaço poroso das rochas. O procedimento básico consiste em binarizar a imagem nas cores preta e branca, onde uma represente o espaço poroso e a outra o arcabouço, a matriz e o cimento da rocha.

Dentre diversas aplicações do *software* de tratamento é possível extrair informações gerais sobre a imagem binarizada, porosidade, ou mais específicas como área (A_p) e perímetro (L_p) de cada aglutinação individual de pixels pretos, ou seja de cada poro. Com estas informações a superfície específica de poros (S_{pv}) e a superfície específica por volume do grão (S_{vgr}) podem ser determinadas [?]. E por fim, a permeabilidade pode ser estimada utilizando o modelo de Kozeny-Carman (k_{kc}) visto que os valores de porosidade (ϕ) são determinados pelo *software*.

$$S_{pv} = \frac{4L_p}{\pi A_p} \quad (3.1)$$

$$S_{vgr} = S_{pv} \left(\frac{\phi}{1 - \phi} \right) \quad (3.2)$$

$$k_{kc} = \left(\frac{1}{5S_{vgr}^2} \right) \left(\frac{\phi^3}{(1 - \phi)^2} \right) \quad (3.3)$$

Além disso, através do valor da área de cada poro reconhecido, pelo ImageJ, e adotando os poros com uma geometria circular é possível obter uma aproximação do diâmetro dos poros (d), e assim uma distribuição do tamanho dos poros.

$$d = 2\sqrt{\frac{A_p}{\pi}} \quad (3.4)$$

Para os demais módulos do software, como Análise de Porosidade, Parâmetros Morfométricos, Propriedades da Rocha (Homogeneidade e Heterogeneidade), Método RbSr, Volume Representativo do Elemento (REV) e Simulação de Fluxo de Fluidos (Líquidos e Gasosos), serão aplicadas técnicas e análises específicas para atingir os objetivos propostos em cada módulo, proporcionando uma abordagem holística na caracterização de rochas sedimentares.

Para o módulo de Análise de Porosidade, a abordagem se concentra na utilização de

técnicas avançadas de análise digital de imagens, visando extrair informações precisas sobre a porosidade das amostras de lâminas petrográficas. Isso inclui a determinação da distribuição de tamanho de poros, permitindo uma caracterização mais detalhada dos espaços vazios na rocha.

No módulo de Parâmetros Morfométricos, a ênfase está na análise detalhada da forma e geometria dos poros. A obtenção de dados como área e perímetro de cada poro permite a avaliação da morfologia das amostras, contribuindo para uma compreensão mais profunda da estrutura da rocha.

O módulo de Propriedades da Rocha (Homogeneidade e Heterogeneidade) realiza análises específicas para avaliar a uniformidade e variação nas características físicas das rochas. A distinção entre homogeneidade e heterogeneidade proporciona insights valiosos para a compreensão da diversidade na composição das amostras.

No Método RbSr, a análise isotópica desempenha um papel crucial na determinação da idade e na relação isotópica das rochas. Essas informações são essenciais para reconstruir a história geológica das amostras, fornecendo dados valiosos para estudos de evolução temporal.

O módulo de Volume Representativo do Elemento (REV) identifica e caracteriza elementos representativos do volume da rocha, contribuindo para uma compreensão mais abrangente das propriedades macroscópicas. Essa análise é vital para garantir que as simulações subsequentes se aproximem da realidade do reservatório.

Para o módulo de Simulação de Fluxo de Fluidos (Líquidos e Gasosos), as técnicas envolvem a configuração de parâmetros como viscosidade, temperatura e compressibilidade, permitindo simulações precisas do comportamento dos fluidos nas amostras analisadas. Essas simulações são cruciais para prever o desempenho do reservatório em condições diversas.

Em conjunto, esses módulos abrangem uma abordagem holística na caracterização de rochas sedimentares, oferecendo uma gama completa de análises, desde a escala microscópica até a macroscópica, para atender às demandas da indústria de exploração de petróleo.

Na Figura 3.1 é visto o arquivo de saída do *software* que será usado como dado de entrada do projeto aqui desenvolvido. Nele contém informações de área e perímetro de cada poro da imagem binarizada em unidade de *pixel*.

	Area	Perim.
1	383	185.765
2	9	10.485
3	4	8.485
4	10675	2.865.386
5	18	36.527
6	4	8.485
7	6450	1.236.511
8	5	11.314
9	2237	521.737
10	35	32.042
11	15	32.284
12	4	11.314
13	199	109.539
14	11	22.385
15	4	5.657
16	376	146.267
17	11	25.799
18	4	7.657
19	6	9.899
20	8	16.971
21	12	22.385
22	4	7.657
23	4	9.657
24	5	11.899
25	4	7.071
26	4	9.657

Figura 3.1: Exemplo do arquivo exportado pelo ImageJ (formato ASCII e extensão .txt)

Assim é possível plotar gráficos de histograma de frequência de raio de poros e da distribuição acumulativa do volume poroso (%) em função do raio de poro para realizar uma análise mais completa da rocha.

3.3 Identificação de pacotes – assuntos

CVetorPerimetro:

- Correlações para determinar porosidade, permeabilidade e distribuição de tamanho de poros.
- Utiliza dados da análise digital de imagens (ADI) com o software ImageJ.
- Processa informações cruciais para caracterização do reservatório.

AnalisePorosidade:

- Análise específica da porosidade em lâminas petrográficas.
- Utiliza dados provenientes da ADI com o ImageJ.
- Contribui para determinação da porosidade e caracterização do reservatório.

ParametrosMorfometricos:

- Configura e conduz análises morfométricas em imagens de lâminas petrográficas.
- Extrai dados como área e perímetro de poros.
- Fundamentais para determinar distribuição de tamanho de poros e estimar superfície de poro específica.

PropriedadesRocha(Homogeneidade/Heterogeneidade):

- Realiza análises de homogeneidade e heterogeneidade.
- Inclui características como cor, tamanho e tipo.
- Contribui para entendimento abrangente da composição da rocha.

Metodo-RbSr:

- Utiliza método RbSr para análise isotópica de rochas.
- Obtém dados como data de coleta, idade e relação isotópica.
- Crucial para compreensão da evolução geológica e características das amostras.

VolumeRepresentativoElemento(REV):

- Identifica e caracteriza elementos representativos do volume da rocha.
- Essencial para simulações futuras.
- Contribui para compreensão das propriedades macroscópicas da rocha.

SimulacaoFluxoFluidos(Líquido/Gasoso):

- Configura e conduz simulações de fluxo de fluidos.
- Abrange líquidos e gasosos.
- Utiliza propriedades previamente analisadas.
- Contribui para compreensão do comportamento dos fluidos em diferentes cenários.

3.4 Diagrama de pacotes – assuntos

A representação dos pacotes se encontra na Figura 3.2.

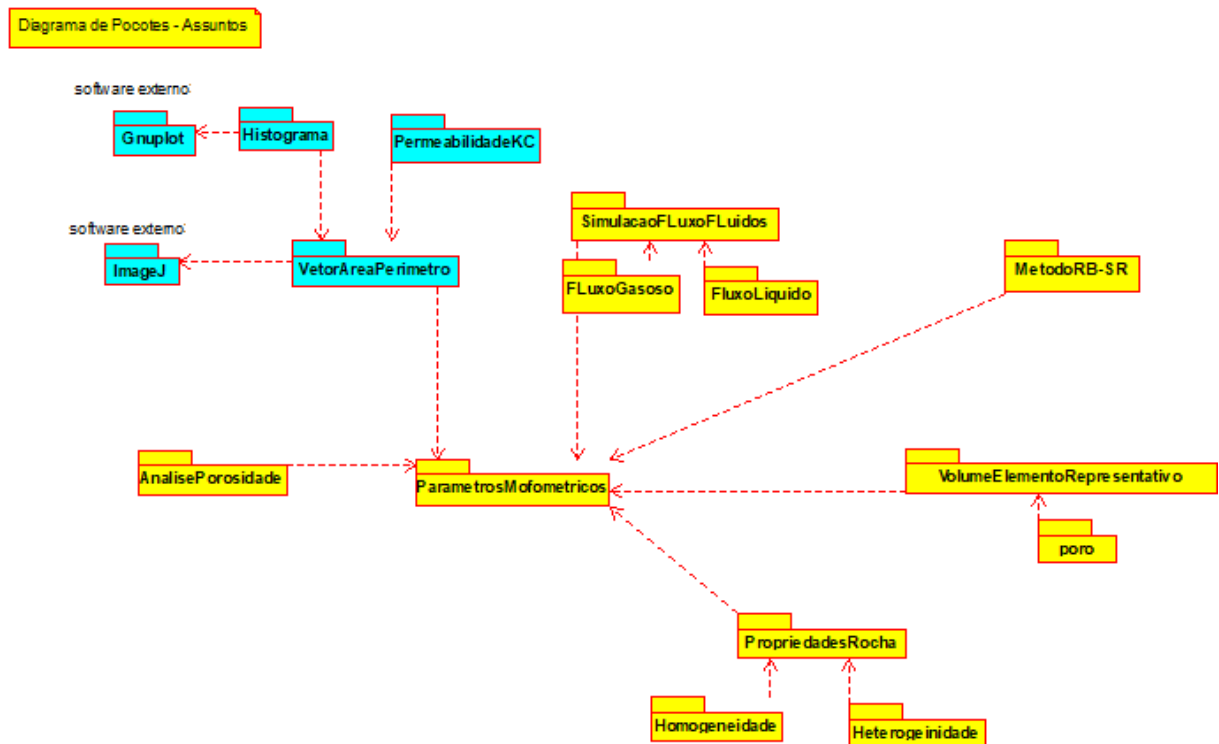


Figura 3.2: Diagrama de Pacotes

Capítulo 4

AOO – Análise Orientada a Objeto

A terceira etapa do desenvolvimento de um projeto de engenharia, neste caso um *software* aplicado a engenharia de petróleo, é a AOO – Análise Orientada a Objeto. A AOO utiliza algumas regras para identificar os objetos de interesse, as relações entre os pacotes, as classes, os atributos, os métodos, as heranças, as associações, as agregações, as composições e as dependências. O resultado da análise é um conjunto de diagramas que identificam os objetos e seus relacionamentos.

4.1 Diagramas de classes

O diagrama de classes é apresentado na Figura 4.1.

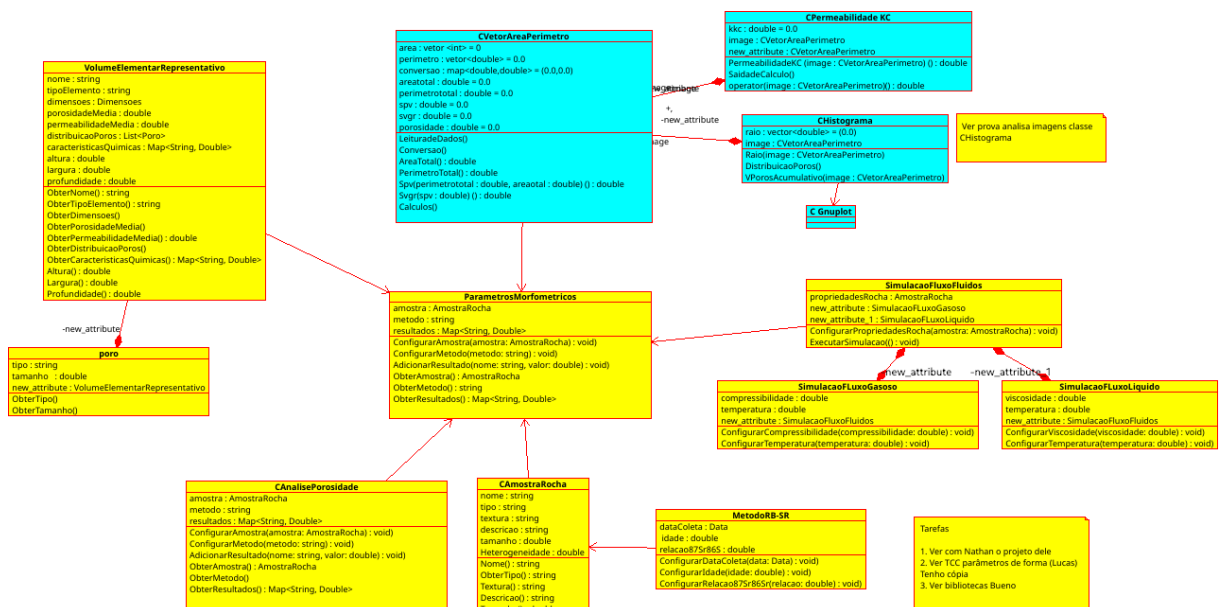


Figura 4.1: Diagrama de classes

4.1.1 Dicionário de classes

- **CVetorPerimetro**: Módulo responsável por realizar correlações para determinar porosidade, permeabilidade e distribuição de tamanho de poros em rochas sedimentares. Utiliza dados obtidos por análise digital de imagens (ADI) com o software ImageJ, processando informações cruciais para a caracterização do reservatório.
- **Atributos**: area: `<int> = 0`, perimetro: `vetor<double> = 0.0`, porosidade: `double = 0.0`
- **AnalisePorosidade**: Especializado na análise da porosidade em amostras de lâminas petrográficas de rochas sedimentares. Utiliza dados provenientes da ADI com o ImageJ, contribuindo para a determinação da porosidade e, por conseguinte, para a caracterização do reservatório.
- **Atributos**: amostra: `AmostraRocha`, metodo: `String`, resultados: `Map<String, Double>`
- **ParametrosMorfometricos**: Configura e conduz análises morfométricas em imagens de lâminas petrográficas, extraíndo dados como área e perímetro de poros. Esses parâmetros são fundamentais para a determinação da distribuição de tamanho de poros e para estimar a superfície de poro específica.
- **Atributos**: amostra: `AmostraRocha`, metodo: `String`, resultados: `Map<String, Double>`
- **PropriedadesRocha**: Realiza análises de homogeneidade e heterogeneidade das propriedades da rocha, incluindo características como cor, tamanho e tipo. Os resultados dessas análises contribuem para um entendimento mais abrangente da composição da rocha.
- **Atributos**: nome: `String`, tipo: `String`, cor: `String`, descricao: `String`, tamanho: `Double`
- **MetodoRbSr**: Utiliza o método RbSr para análise isotópica de rochas, obtendo dados como data de coleta, idade e relação isotópica. Essas informações são cruciais para compreender a evolução geológica e características específicas das amostras.
- **Atributos**: dataColeta: `Data`, idade: `Double`, relacao87Sr86Sr: `Double`
- **VolumeRepresentativoElemento (REV)**: Identifica e caracteriza elementos representativos do volume da rocha, essenciais para simulações futuras. Essa análise contribui para a compreensão das propriedades macroscópicas da rocha.

- Atributos: nome: String, tipoElemento: String, dimensoes: Dimensoes, porosidadeMedia: Double, permeabilidadeMedia: Double, distribuicaoPoros: List<Poros>, caracteristicasQuimicas: Map<String, Double>
- SimulacaoFluxoFluidos (Líquido e Gasoso): Configura e conduz simulações de fluxo de fluidos, abrangendo tanto líquidos quanto gasosos. Utiliza as propriedades previamente analisadas para simular condições diversas, contribuindo para a compreensão do comportamento dos fluidos em diferentes cenários.
- Atributos: propriedadesRocha: AmostraRocha

4.2 Diagrama de sequência – eventos e mensagens

O diagrama de sequência enfatiza a troca de eventos e mensagens e sua ordem temporal. Contém informações sobre o fluxo de controle do software. Costuma ser montado a partir de um diagrama de caso de uso e estabelece o relacionamento dos atores (usuários e sistemas externos) com alguns objetos do sistema.

4.2.1 Diagrama de sequência geral

Veja o diagrama de sequência na Figura 4.2. Segue o Dicionário:

Usuario:

Descrição: Representa um usuário do sistema que interage com os diversos módulos para realizar operações específicas.

Atributos: Nenhum atributo específico listado.

VetorAreaPerimetro:

Descrição: Classe responsável por calcular a área e o perímetro de poros em uma amostra rochosa.

Métodos: calcularArea(): double calcularPerimetro(): double

SimulacaoFluxoFluidos:

Descrição: Realiza simulações de fluxo de fluidos (líquidos e gasosos) utilizando as propriedades da amostra rochosa.

Métodos: configurarViscosidade(viscosidade: double): void configurarCompressibilidade(compressibilidade: double): void configurarTemperatura(temperatura: double): void executarSimulacao(): void

MetodoRBSR:

Descrição: Utiliza o método RbSr para análise isotópica de rochas.

Métodos: configurarDataColeta(data: Data): void configurarIdade(idade: double): void configurarRelacao87Sr86Sr(relacao: double): void

PropriedadesRocha:

Descrição: Representa as propriedades físicas e químicas de uma rocha, sendo utilizada em diversas análises.

Métodos: obterNome(): String obterTipo(): String obterCor(): String obterDescricao(): String obterTamanho(): double

AnalisePorosidade:

Descrição: Realiza a análise da porosidade em amostras de lâminas petrográficas de rochas sedimentares.

Métodos: configurarAmostra(amostra: AmostraRocha): void configurarMetodo(metodo: String): void adicionarResultado(nome: String, valor: double): void obterAmostra(): AmostraRocha obterMetodo(): String obterResultados(): Map<String, Double>

ParametrosMorfometricos:

Descrição: Realiza análises morfométricas em imagens de lâminas petrográficas, extrai dados como área e perímetro de poros.

Métodos: configurarAmostra(amostra: AmostraRocha): void configurarMetodo(metodo: String): void adicionarResultado(nome: String, valor: double): void obterAmostra(): AmostraRocha obterMetodo(): String obterResultados(): Map<String, Double>

VolumeRepresentativoElemento:

Descrição: Identifica e caracteriza elementos representativos do volume da rocha, essenciais para simulações futuras.

Métodos: obterNome(): String obterTipoElemento(): String obterDimensoes(): Dimensoes obterPorosidadeMedia(): double obterPermeabilidadeMedia(): double obterDistribuicaoPoros(): List<Poros> obterCaracteristicasQuimicas(): Map<String, Double>

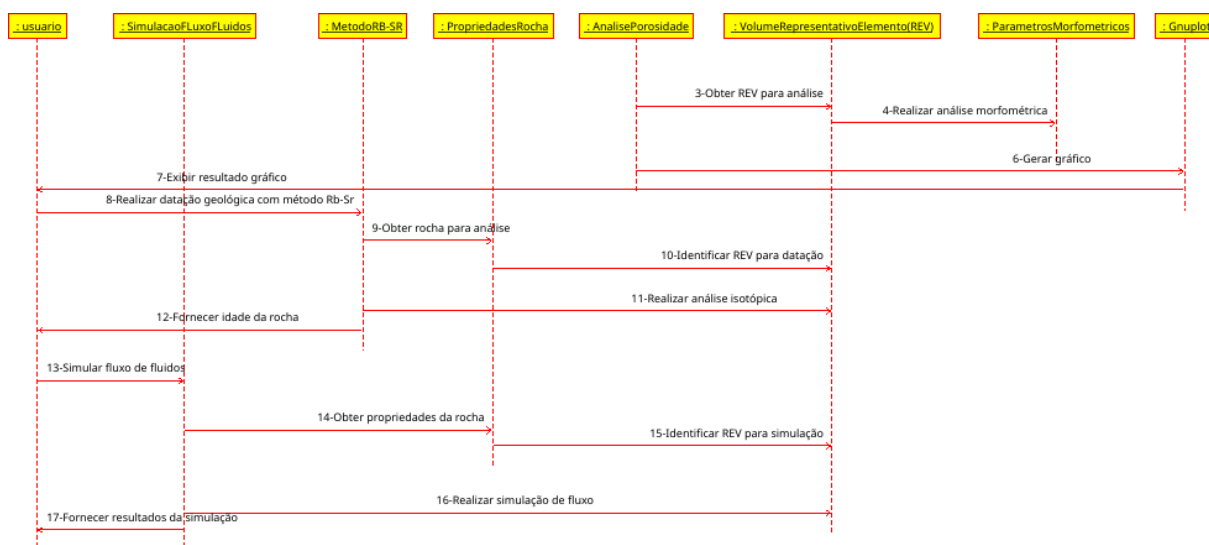


Figura 4.2: Diagrama de sequência

4.2.2 Diagrama de sequência específico

Veja o diagrama de sequência específico na Figura 4.3.

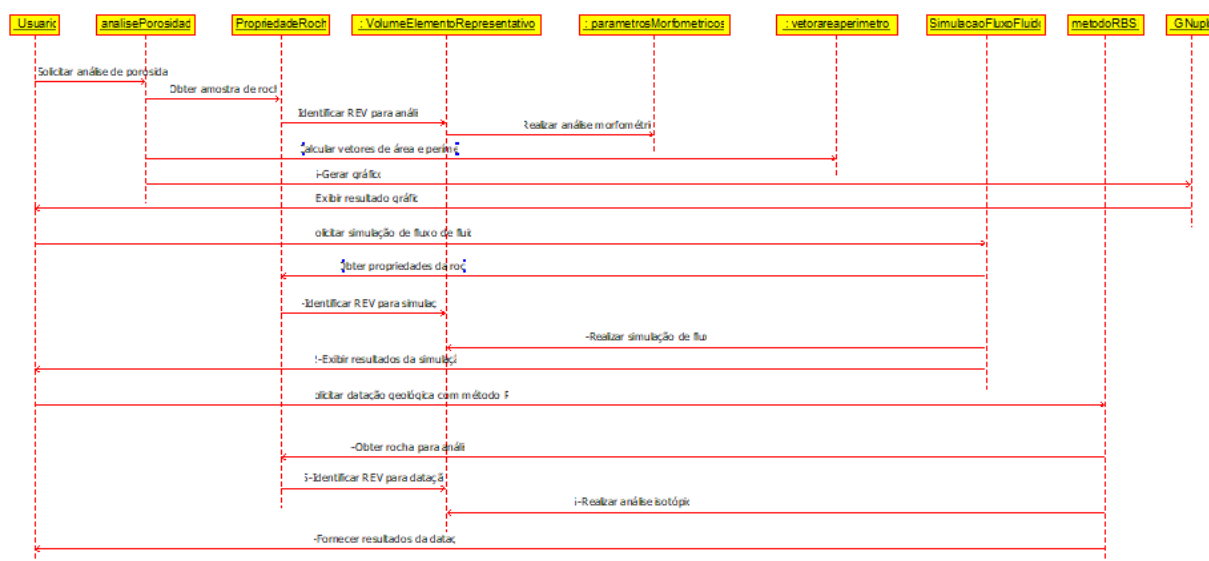


Figura 4.3: Diagrama de sequência específico

4.3 Diagrama de comunicação – colaboração

No diagrama de comunicação o foco é a interação e a troca de mensagens e dados entre os objetos.

Veja na Figura 4.4 o diagrama de comunicação mostrando a sequência em que os dados são utilizados no programa. Observe que os dados de entrada são essenciais para qualquer cálculo realizado.

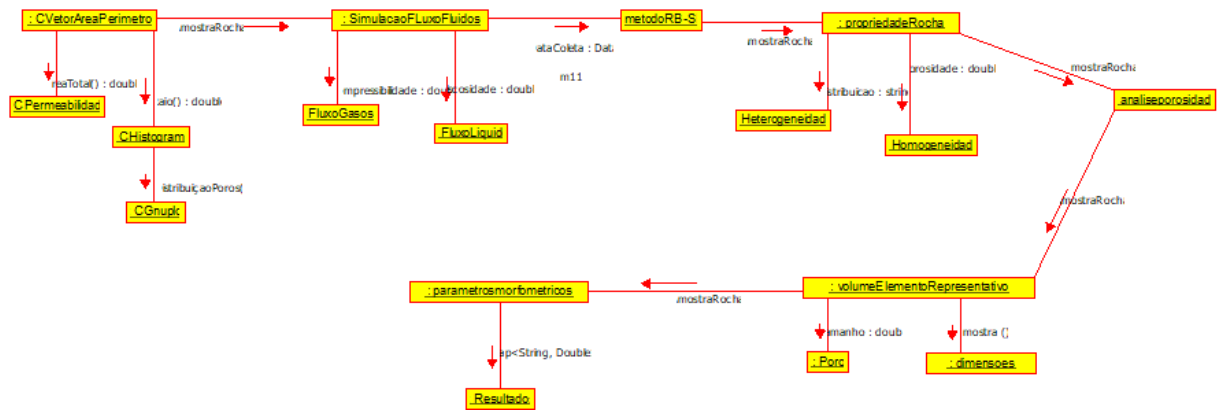


Figura 4.4: Diagrama de comunicação

4.4 Diagrama de máquina de estado

Um diagrama de máquina de estado representa os diversos estados que o objeto assume e os eventos que ocorrem ao longo de sua vida ou mesmo ao longo de um processo (histórico do objeto). É usado para modelar aspectos dinâmicos do objeto.

Veja na Figura 4.5 o diagrama de máquina de estado para o objeto. Observe que todos os dados embutidos no objeto são manipulados.

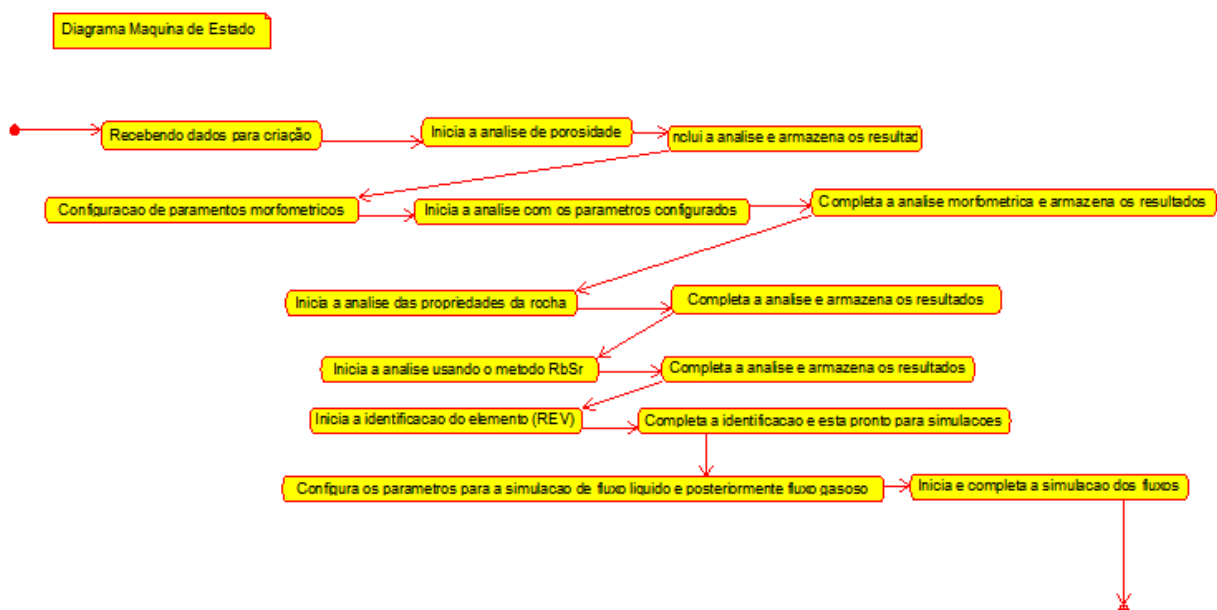


Figura 4.5: Diagrama de máquina de estado do objeto

4.5 Diagrama de atividades

Veja na Figura 4.6 o diagrama de atividades correspondente a uma atividade específica do diagrama de máquina de estado.

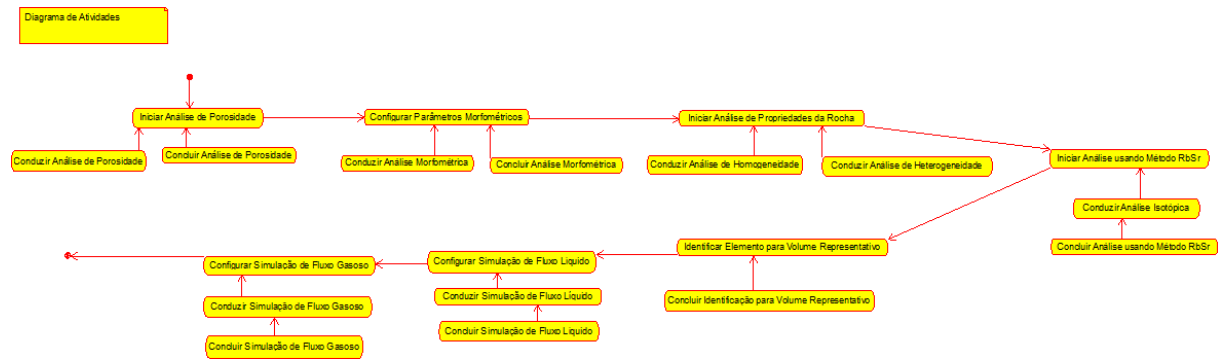


Figura 4.6: Diagrama de atividades

Capítulo 5

Projeto

Neste capítulo do projeto de engenharia veremos questões associadas ao projeto do sistema, incluindo protocolos, recursos, plataformas suportadas, implicações nos diagramas feitos anteriormente, diagramas de componentes e implantação. Na segunda parte revisamos os diagramas levando em conta as decisões do projeto do sistema.

5.1 Projeto do sistema

Depois da análise orientada a objeto desenvolve-se o projeto do sistema, o qual envolve etapas como a definição dos protocolos, da interface API, o uso de recursos, a subdivisão do sistema em subsistemas, a alocação dos subsistemas ao hardware e a seleção das estruturas de controle, a seleção das plataformas do sistema, das bibliotecas externas, dos padrões de projeto, além da tomada de decisões conceituais e políticas que formam a infraestrutura do projeto.

Deve-se definir padrões de documentação, padrões para o nome das classes, padrões de retorno e de parâmetros em métodos, características da interface do usuário e características de desempenho.

Segundo [Blaha and Rumbaugh, 2006, Rumbaugh et al., 1994], o projeto do sistema é a estratégia de alto nível para resolver o problema e elaborar uma solução. Você deve se preocupar com itens como:

1. Protocolos

- A ligação com elementos externos é com a utilização do software ImageJ ao qual exportará os dados para entrada desse programa.
- O programa utilizará biblioteca padrão C++ e o Gnuplot.
- O formato dos dados de saída gerados pelo software serão arquivos .dat.

2. Recursos

- Esse projeto necessitará de uma máquina computacional com SSD, processador, um arquivo .xml para entrada de dados além do teclado para o mesmo fim e o monitor para a saída de dados e plots.
- Haverá utilização do Gnuplot a fim de plotar gráficos.
- Como recurso essencial o arquivo com os dados de entrada é necessário para o uso do programa.

3. Plataformas

- O software será desenvolvido na linguagem C++ utilizando o conceito de orientação a objeto.
- Por ser uma linguagem universal, o programa é multiplataforma, pode ser executado em GNU/Linux, MAC OS X e Windows.
- Utilizará como interface de desenvolvimento o software Dev-C++ versão 4.9.9.2 presente no sistema operacional Windows 7 de 32 Bits com processador Intel Core i3-2310M.

5.2 Projeto orientado a objeto – POO

O projeto orientado a objeto é a etapa posterior ao projeto do sistema. Baseia-se na análise, mas considera as decisões do projeto do sistema. Acrescenta a análise desenvolvida e as características da plataforma escolhida (hardware, sistema operacional e linguagem de softwareção). Passa pelo maior detalhamento do funcionamento do software, acrescentando atributos e métodos que envolvem a solução de problemas específicos não identificados durante a análise.

Envolve a otimização da estrutura de dados e dos algoritmos, a minimização do tempo de execução, de memória e de custos. Existe um desvio de ênfase para os conceitos da plataforma selecionada.

Efeitos do projeto no modelo estrutural

- Somente foi necessário instalar o programa Gnuplot na máquina computacional.

Após revisão, foi visto que não houve a necessidade de alterar os diagramas da análise orientada a objeto, então os seguintes itens não precisaram de alterações:

- Efeitos do projeto no modelo dinâmico
- Efeitos do projeto nos atributos
- Efeitos do projeto nos métodos

- Efeitos do projeto nas heranças
- Efeitos do projeto nas associações
- Efeitos do projeto nas otimizações

Depois de revisados os diagramas da análise é possível montar dois diagramas relacionados à infraestrutura do sistema. As dependências dos arquivos e bibliotecas podem ser descritos pelo diagrama de componentes, e as relações e dependências entre o sistema e o hardware podem ser ilustradas com o diagrama de implantação.

5.3 Diagrama de componentes

O diagrama de componentes mostra a forma como os componentes do software se relacionam, suas dependências. Inclui itens como: componentes, subsistemas, executáveis, nós, associações, dependências, generalizações, restrições e notas. Exemplos de componentes são bibliotecas estáticas, bibliotecas dinâmicas, dlls, componentes Java, executáveis, arquivos de disco, código-fonte.

Veja na Figura 5.1 o diagrama de componentes. Note que os únicos componentes extras, além do software são o arquivo de entrada e o Gnuplot.

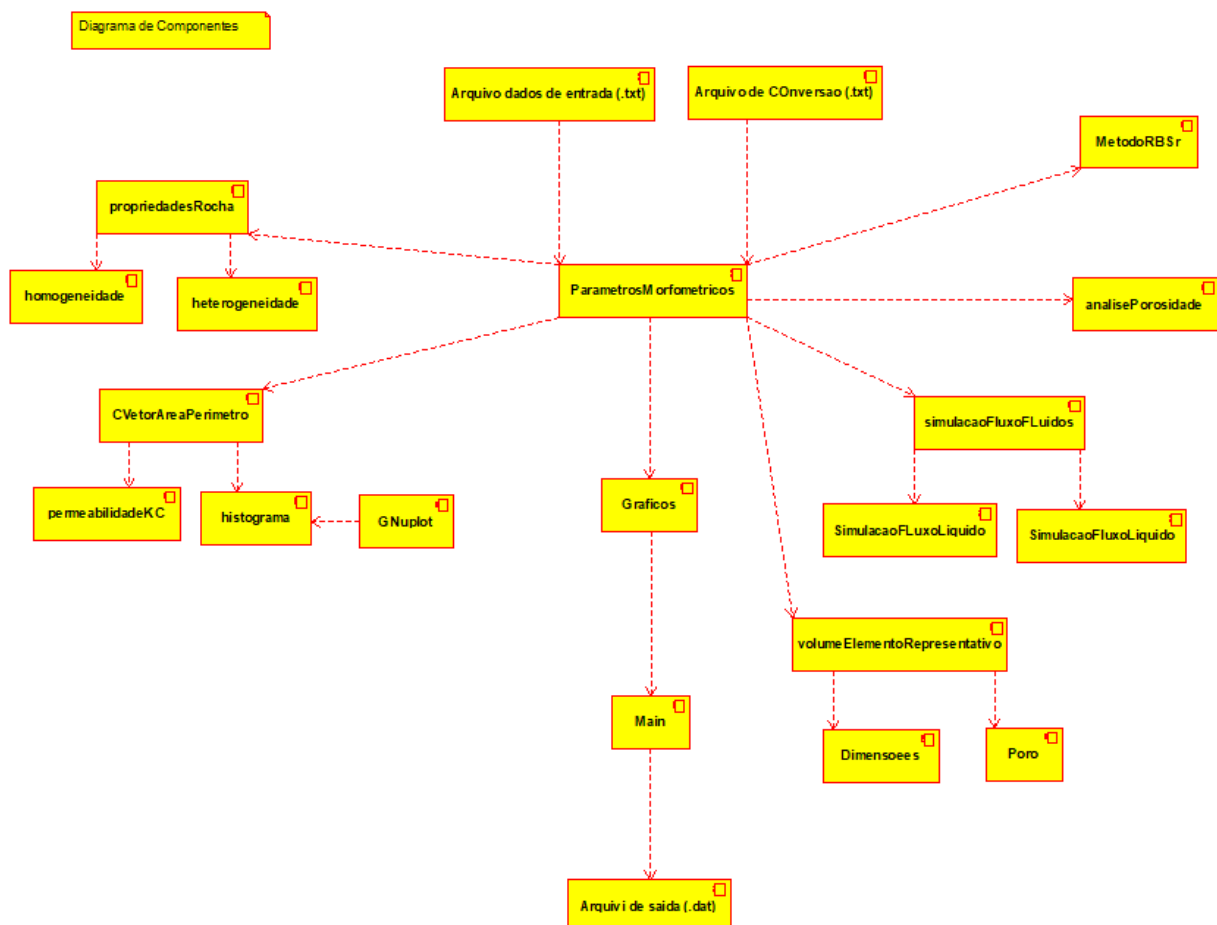


Figura 5.1: Diagrama de componentes do sistema

5.4 Diagrama de implantação

O diagrama de implantação é um diagrama de alto nível que inclui relações entre o sistema e o hardware e que se preocupa com os aspectos da arquitetura computacional escolhida. Seu enfoque é o hardware, a configuração dos nós em tempo de execução.

Veja na Figura 5.2 o diagrama de implantação do programa.

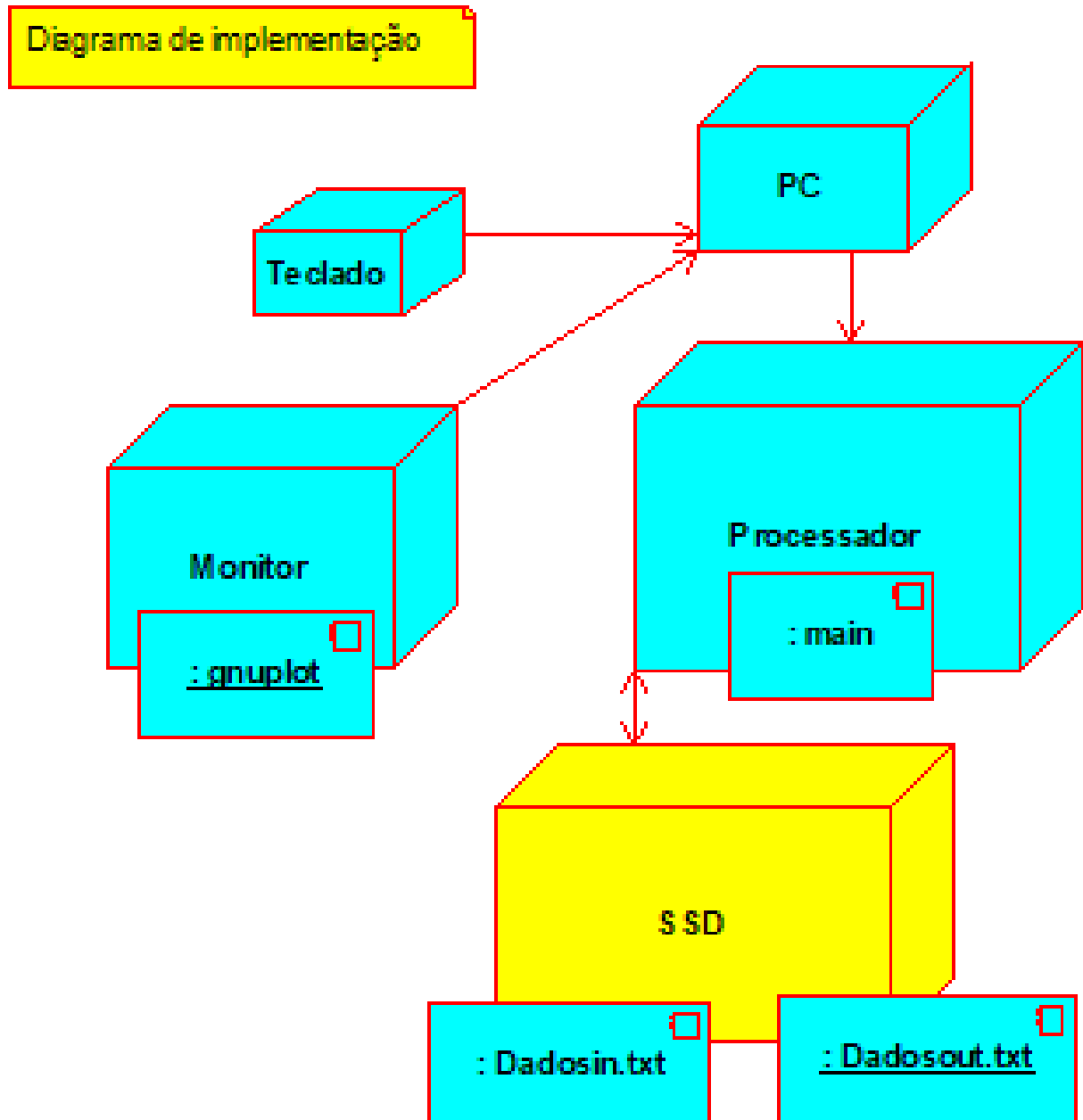


Figura 5.2: Diagrama de implantação

Capítulo 6

Ciclos de Planejamento/Detalhamento

Apresenta-se neste capítulo os ciclos de planejamento/detalhamento para as diferentes versões desenvolvidas.

6.1 Versão 0.1 - xxx

Na primeira versão foi ...

Note que é um *software* simples, . Veja Figura 6.1.

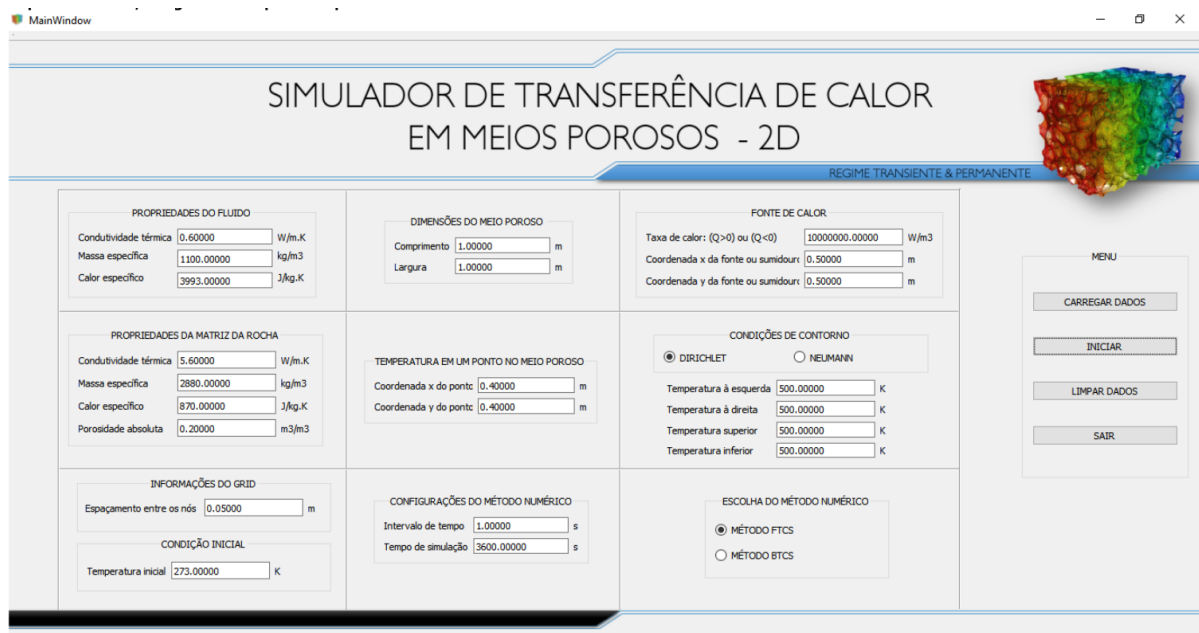


Figura 6.1: Versão 0.1, imagem do programa rodando

6.2 Versão 0.2 - xxx

Nesta segunda versão ...

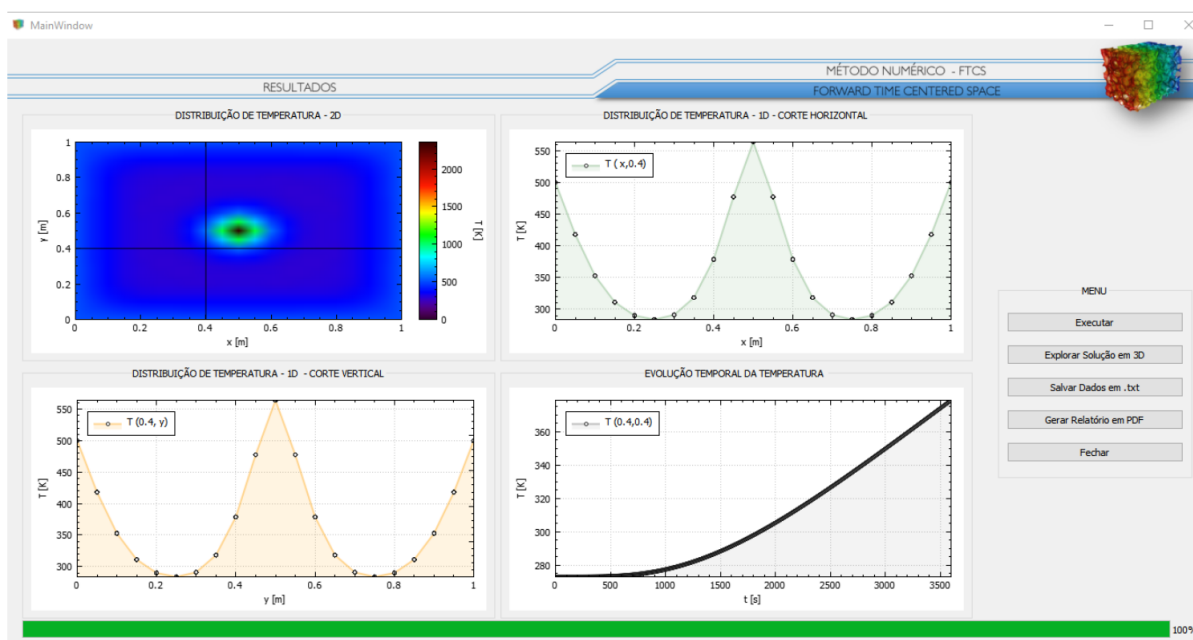


Figura 6.2: Versão 0.2, imagem do programa rodando

Capítulo 7

Ciclos Construção - Implementação

Neste capítulo, são apresentados os códigos fonte implementados.

Nota: os códigos devem ser documentados usando padrão **javadoc**. Posteriormente usar o programa **doxygen** para gerar a documentação no formato html.

- Veja informações gerais aqui <http://www.doxygen.org/>.
- Veja exemplo aqui <http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen/manual/docblocks.html>.

Nota: ao longo deste capítulo usamos inclusão direta de arquivos externos usando o pacote *listings* do L^AT_EX. Maiores detalhes de como a saída pode ser gerada estão disponíveis nos links abaixo.

- http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Source_Code_Listings.
- <http://mirrors.ctan.org/macros/latex/contrib/listings/listings.pdf>.

7.1 Código fonte

Apresenta-se a seguir um conjunto de classes (arquivos .h e .cpp) além do programa main.

Apresenta-se na listagem 7.1 o arquivo com código da classe CSimulador-nome.

Listagem 7.1: Arquivo de cabeçalho da classe CSimulador-nome

```
1 // Este programa exemplifica a estrutura de um programa típico em C
  ++.
2 // Note que no arquivo .h documentamos a interface; a forma de uso;
3 // No arquivo .cpp detalhes dos códigos; lógica numérica-
  computacional.
4 #include <string>
5 #include <vector>
6
```

```
7 /** Breve descrição da classe termina com ponto.
8  * ...descrição detalhada da classe...
9  * ...pode ter várias linhas...
10 **/
11 class CAplicacao
12 {
13 public:
14     /// Descrição breve do construtor.
15     /** Descrição detalhada do construtor.
16         * ....blablabla....
17         */
18     CAplicacao()        {};
19
20     /// Descrição breve do construtor.
21     /** Descrição detalhada do construtor.
22         * ....blablabla....
23         */
24     ~CAplicacao()       {};
25
26     /// Apenas exibe mensagem na tela.
27     void Run();
28
29     /// Seta valor de x
30     void X( int _x)      { x = _x; }
31
32     /// Retorna valor de x
33     int X()              { return x; }
34
35 private:
36     /// Descrição breve do método M1.
37     /**
38         * Descrição detalhada....
39         * Posso incluir informações sobre parâmetros e retorno.
40         * @param a um inteiro que representa ....
41         * @param s uma string que representa ....
42         * @return retorna ...
43         */
44     int M1(int a, std::string s);
45
46     /// Descrição breve do atributo...
47     /** Descrição detalhada do atributo... */
48     std::vector<int> vy;
```

```

49
50     /// Descrição breve do atributo...
51     int x;
52
53     int z; ///< Descrição breve (use apenas se for bem curta!).
54
55     /// Enum representa (descrição breve).
56     /** Descrição detalhada. */
57     enum Enum {
58         EVal1, ///< Breve descrição EVal1.
59         EVal2, ///< Breve descrição EVal2.
60         EVal3  ///< Breve descrição EVal3.
61     } ;
62
63     /// Descrição breve.
64     /** Descrição detalhada. */
65     Enum    variavelDoTipoEnumeracao;
66
67 };

```

Apresenta-se na listagem 7.2 o arquivo de implementação da classe `CAplicacao`.

Listagem 7.2: Arquivo de implementação da classe `CSimulador-nome`

```

1 // Este programa exemplifica a estrutura de um programa típico em
  C++
2 #include <iostream>
3
4 // Inclui a declaração da classe
5 #include "CAplicacao.h"
6
7 /** Note que no arquivo .cpp não é necessário colocar novamente a
   documentação
8  * que foi colocada no arquivo .h.
9  * A documentação no arquivo .cpp costuma usar o padrão básico de C
   ++ que é //
10 * e costuma estar mais diretamente relacionada a implementação em
   sí,
11 * ou seja, aos detalhes numéricos e computacionais;
12 * detalhes e explicação das contas e da lógica computacional.
13 * */
14 void CAplicacao::Run()
15 {
16     // std::cout escreve na tela o texto "Bem-vindo ao C++!"

```

```
17 std::cout << "Bem-vindo_ao_C++!" << std::endl;
18 }
```

Apresenta-se na listagem 7.3 o programa que usa a classe CSimulador-nome.

Listagem 7.3: Arquivo de implementação da função main()

```
1
2 /** Este programa exemplifica a estrutura/layout de um programa
   típico em C++ */
3
4 // Inclui o arquivo "CAplicacao.h" que tem a declaração da classe
   CAplicacao
5 #include "CAplicacao.h"
6
7 /// A função main(), retorna um inteiro, se chama main() e nao tem
   nenhum parametro
8 int main ()
9 {
10    CAplicacao ap; // Cria objeto do tipo CAplicacao com nome ap
11
12    ap.Run ();      // Executa o método Run() do objeto ap
13
14    return 0;       // A função main() deve retornar um inteiro
15                   // o zero indica que o programa terminou bem.
16 }
```

```
Bem vindo ao C++!
```

Nota:

Não perca de vista a visão do todo; do projeto de engenharia como um todo. Cada capítulo, cada seção, cada parágrafo deve se encaixar. Este é um diferencial fundamental do engenheiro em relação ao técnico, a capacidade de desenvolver projetos, de ver o todo e suas diferentes partes, de modelar processos/sistemas/produtos de engenharia.

Capítulo 8

Teste

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).

8.1 Teste 1: Descrição

No início apresente texto explicativo do teste:

- O que esta sendo testado?
- Como o teste vai ser realizado?
- Como o programa será validado?
- Resultados e análises

A seguir apresente texto explicando a sequência do teste e imagens do programa (captura de tela).

coloque aqui texto falando do diagrama de pacotes, referencie a figura. Veja Figura 8.1.

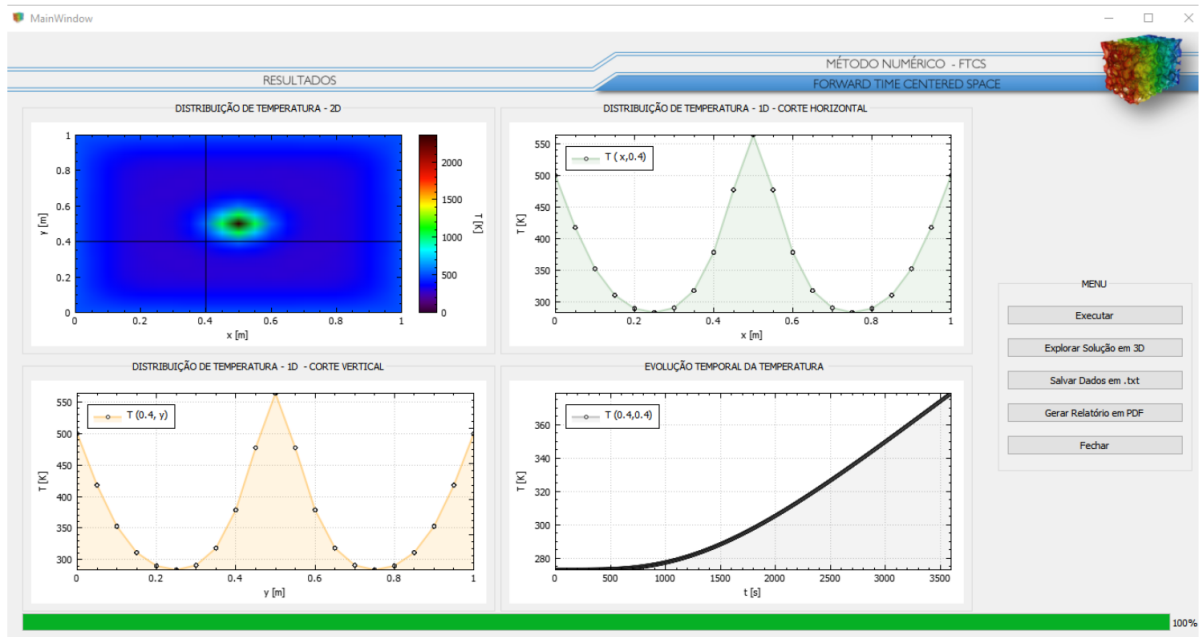


Figura 8.1: Tela do programa mostrando xxx

8.2 Teste 2: Descrição

No início apresente texto explicativo do teste:

- O que esta sendo testado?
- Como o teste vai ser realizado?
- Como o programa será validado?
- Resultados e análises

A seguir apresente texto explicando a sequência do teste e imagens do programa (captura de tela).

Coloque aqui texto falando do diagrama de pacotes, referencie a figura. Veja Figura 8.2.

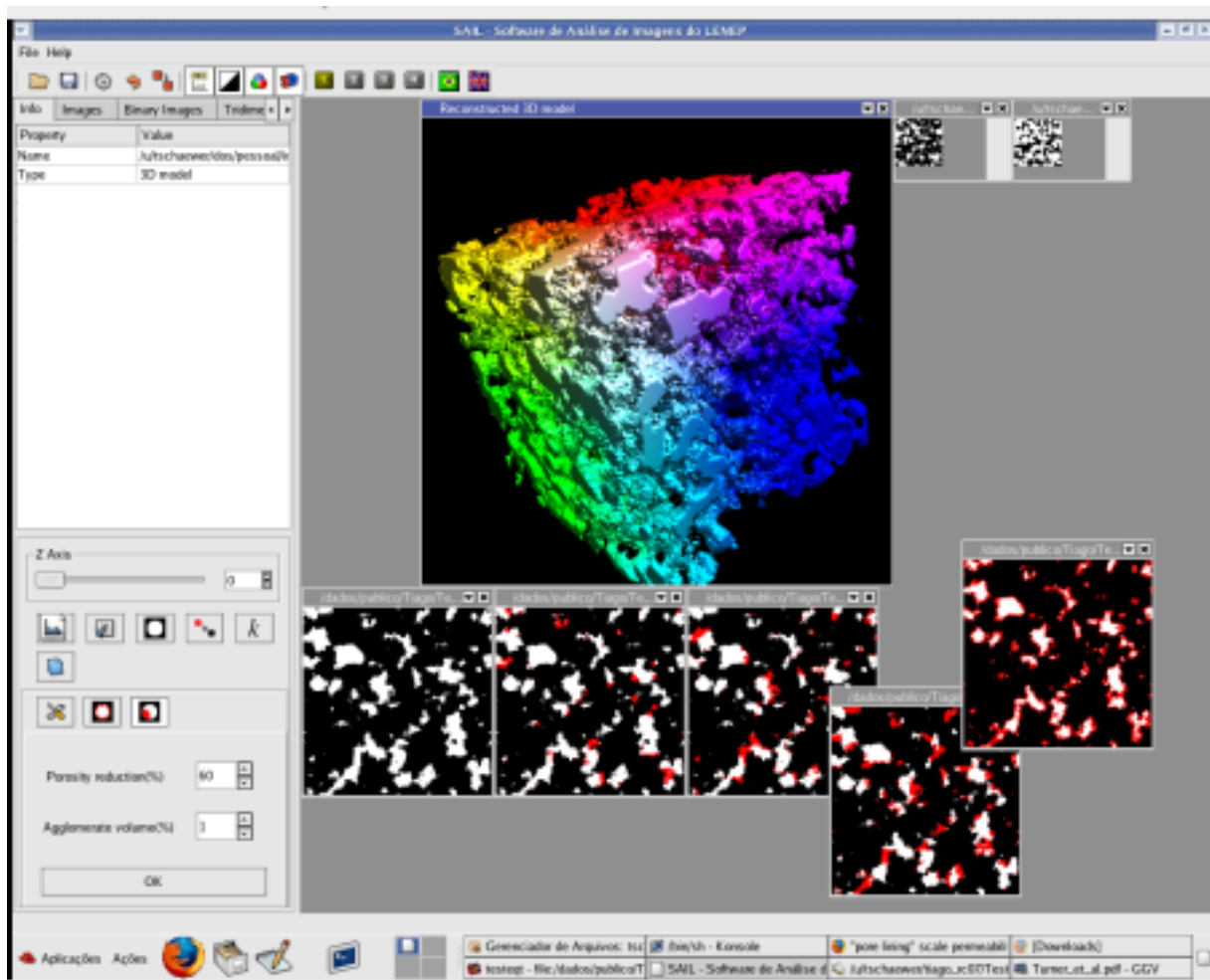


Figura 8.2: Tela do programa mostrando xxx

8.3 Teste 3: Descrição

No início apresente texto explicativo do teste:

- O que está sendo testado?
- Como o teste vai ser realizado?
- Como o programa será validado?
- Resultados e análises

A seguir apresente texto explicando a sequência do teste e imagens do programa (captura de tela).

coloque aqui texto falando do diagrama de pacotes, referencie a figura. Veja Figura 8.3.

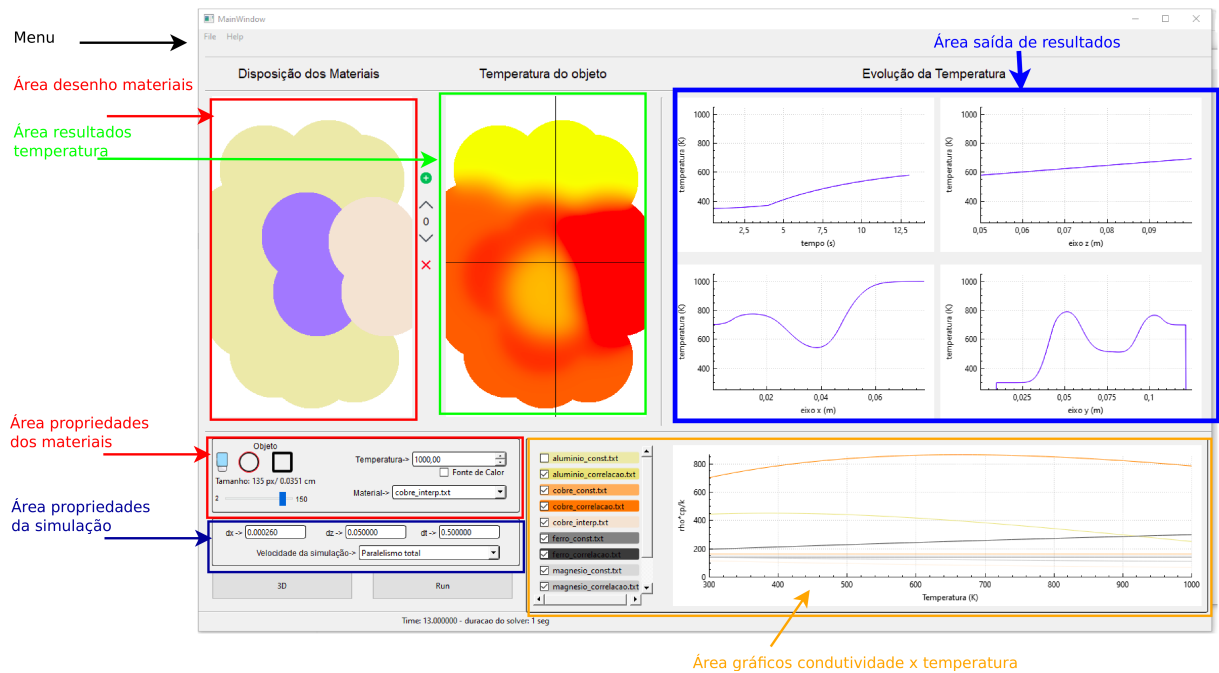


Figura 8.3: Tela do programa mostrando xxx

Nota:

Não perca de vista a visão do todo; do projeto de engenharia como um todo. Cada capítulo, cada seção, cada parágrafo deve se encaixar. Este é um diferencial fundamental do engenheiro em relação ao técnico, a capacidade de desenvolver projetos, de ver o todo e suas diferentes partes, de modelar processos/sistemas/produtos de engenharia.

Capítulo 9

Documentação para o Desenvolvedor

Todo projeto de engenharia precisa ser bem documentado. Neste sentido, apresenta-se neste capítulo documentações extras para o desenvolvedor. Ou seja, instruções para pessoas que venham a dar continuidade a este projeto de engenharia.

Nota: O manual do usuário é apresentado em um documento separado. Veja diretório "doc/ManualDoUsuario".

9.1 Dependências para compilar o software

Para compilar o software é necessário atender as seguintes dependências:

- Instalar o compilador `g++` da GNU disponível em <http://gcc.gnu.org>. Para instalar no GNU/Linux use o comando `yum install gcc`.
- Biblioteca `CGnuplot`; os arquivos para acesso a biblioteca `CGnuplot` devem estar no diretório com os códigos do software;
- O software `gnuplot`, disponível no endereço <http://www.gnuplot.info/>, deve estar instalado. É possível que haja necessidade de setar o caminho para execução do `gnuplot`.
- .
- .

9.2 Como gerar a documentação usando doxygen

A documentação do código do software deve ser feita usando o padrão JAVADOC, conforme apresentada no Capítulo - Documentação, do livro texto da disciplina. Depois de documentar o código, use o software `doxygen` para gerar a documentação do desenvolvedor no formato html. O software `doxygen` lê os arquivos com os códigos (*.h e *.cpp) e gera uma documentação muito útil e de fácil navegação no formato html.

- Veja informações sobre uso do formato JAVADOC em:
 - <http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen/manual/docblocks.html>
- Veja informações sobre o software **doxygen** em
 - <http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen/>

Passos para gerar a documentação usando o **doxygen**.

- Documente o código usando o formato JAVADOC. Um bom exemplo de código documentado é apresentado nos arquivos da biblioteca CGnuplot, abra os arquivos **CGnuplot.h** e **CGnuplot.cpp** no editor de texto e veja como o código foi documentado.
- Abra um terminal.
- Vá para o diretório onde está o código.

```
cd /caminho/para/seu/codigo
```

- Peça para o **doxygen** gerar o arquivo de definições (arquivo que diz para o doxygen como deve ser a documentação).

```
doxygen -g
```

- Peça para o **doxygen** gerar a documentação.

```
doxygen
```

- Verifique a documentação gerada abrindo o arquivo **html/index.html**.

```
firefox html/index.html
```

ou

```
chrome html/index.html
```

Apresenta-se a seguir algumas imagens com as telas das saídas geradas pelo software **doxygen**.

Nota:

Não perca de vista a visão do todo; do projeto de engenharia como um todo. Cada capítulo, cada seção, cada parágrafo deve se encaixar. Este é um diferencial fundamental do engenheiro em relação ao técnico, a capacidade de desenvolver projetos, de ver o todo e suas diferentes partes, de modelar processos/sistemas/produtos de engenharia.

Referências Bibliográficas

- [Blaha and Rumbaugh, 2006] Blaha, M. and Rumbaugh, J. (2006). *Modelagem e Projetos Baseados em Objetos com UML 2*. Campus, Rio de Janeiro. 25
- [e Patrick W. Daly, 1995] e Patrick W. Daly, H. K. (1995). *A Guide to Latex 2e*. Addison-Wesley, New York, 2 edition. 51, 53
- [Grossens et al., 1993] Grossens, M., Mittelbach, F., and Samarin, A. (1993). *Latex Companion*. Addison-Wesley, New York. 51, 53
- [Karger, 2004] Karger, A. (2004). *O Tutorial de Lyx*. LyX Team - <http://www.lyx.org>. 51, 53
- [Knuth, 1986] Knuth, D. E. (1986). *The TeXbook*. Addison-Wesley. 51, 53
- [Lamport, 1985] Lamport, L. (1985). *Latex - A Document Preparation System*. Addison-Wesley. 51, 53
- [LyX-Team, 2004a] LyX-Team, editor (2004a). *Extended LyX Features*. LyX Team - <http://www.lyx.org>. 51, 53
- [LyX-Team, 2004b] LyX-Team, editor (2004b). *The LyX User's Guide*. LyX Team - <http://www.lyx.org>. 51, 53
- [Rumbaugh et al., 1994] Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., and Lorenzen, W. (1994). *Modelagem e Projetos Baseados em Objetos*. Edit. Campus, Rio de Janeiro. 25
- [Steding-Jessen, 2000] Steding-Jessen, K. (2000). *Latex demo: Exemplo com Latex 2e*. 51, 53

Apêndice A

Título do Apêndice

Descreve-se neste apêndice ...

- Os anexos ou apêndices contém material auxiliar. Por exemplo, tabelas, gráficos, resultados de experimentos, algoritmos, códigos e simulações.
- Um apêndice pode incluir assuntos mais gerais (geral demais para estar no núcleo do trabalho) ou mais específicos (detalhado demais para estar no núcleo do trabalho).
- Pode conter um artigo de auxílio fundamental ao trabalho.
- Pode conter artigos publicados.
- [tudo aquilo que for importante para a tese mas não essencial, deve ser colocado em apêndices]
- [como exemplo, revisão de metodologias, técnicas, modelos matemáticos, itens desenvolvidos por terceiros]
- [algoritmos e programas devem ser colocados no apêndice]
- [imagens detalhadas de programas desenvolvidos devem ser colocados no apêndice]

A.1 Sub-Título do Apêndice

.....conteúdo..

Apêndice B

Usando T_EX/L^AT_EX/LyX

B.1 Pacotes a serem instalados

B.1.1 Windows

Basta ir no site do LyX - <https://www.lyx.org/> e baixar o instalador.

B.1.2 GNU/Linux

- Basta abrir um terminal e digitar:

```
dnf install lyx abntex
```

- De forma mais detalhada apresenta-se a seguir um conjunto de pacotes a serem instalados no GNU/Linux.

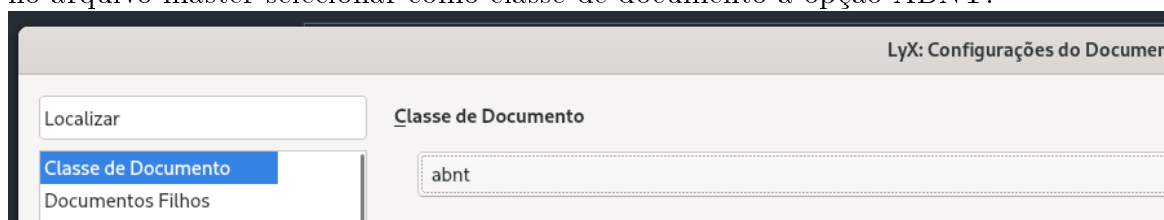
```
dnf install lyx 'tex(esint10.pfb)' 'tex(lgrcmr.fd)' 'tex(subscript.sty)'  
dnf install texlive-prettyref  
dnf install texlive-textgreek  
dnf install texlive-accents  
dnf install texlive-babel-portuges  
dnf install texlive-multirow texlive-tablefootnote  
dnf install texlive-pmboxdraw  
dnf install texlive-sectsty  
dnf install texlive-prettyref  
dnf install texlive-greek-fontenc texlive-cbfonts  
dnf install texlive-luainputenc  
dnf install texlive-listings  
dnf -y install gnuplot
```

- Dicas:

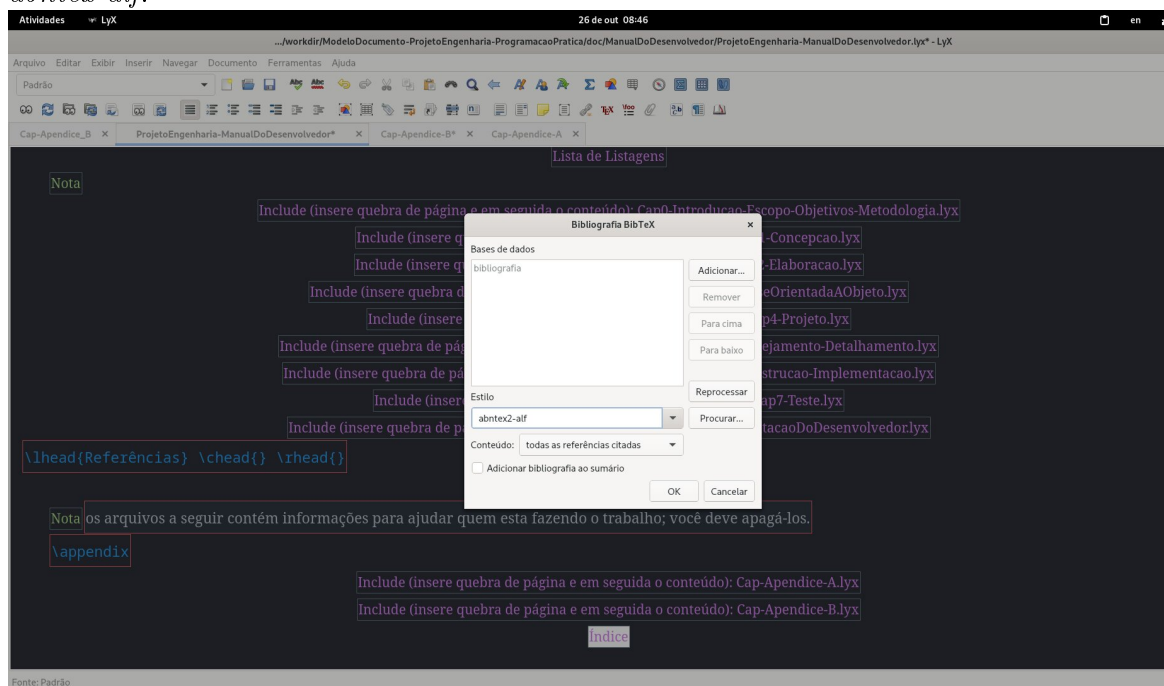
- Observe que este modelo disponibilizado para vocês não usa mais o formato abnt por default. Mudei para citações no formato apalike por ser semelhante e já vir instalado no LyX.
- Mas é fácil alternar para abnt:
 - * basta instalar os pacotes usando os comandos


```
dnf install texlive-abnt texlive-abntex2
```
 - * e a seguir ler os manuais da abnt


```
https://www.abntex.net.br/
```
 - * no arquivo master selecionar como classe de documento a opção ABNT.



- * clicar no box "Bibliografia gerada pelo bibtex" e selecionar o formato *abntex-alf*.



Nota: em minha máquina estão instalados os seguintes pacotes principais:

lyx-fonts-2.3.7-1.fc38.noarch

lyx-common-2.3.7-1.fc38.noarch

lyx-2.3.7-1.fc38.x86_64

texlive-abntex2-svn49248-65.fc38.noarch

texlive-abnt-svn55471-65.fc38.noarch

texlive-listings-svn55265-65.fc38.noarch
e outras dezenas de pacotes texlive...

B.2 Inclusão de Figuras

- Todas as ilustrações, quadros, fotos, esquemas, esboços, desenhos, diagramas, gráficos e demais imagens são incluídos como Figuras; já as Tabelas serão incluídas como tabelas.
- Impressão colorida é caro, logo, quando fizer gráficos, prefira gráficos em preto e branco com uso de marcadores.
- **Lembre-se que se a figura, foto, esquemas, etc, for colorido o mesmo deve obrigatoriamente ser impresso em cores.**
- Veja o que diz o link <http://www.cedsmi.ufpr.br/celsoishida/tutorial/artigo/figura.php>
 - "Toda figura deve ser explicada antes de aparecer. É preciso uma descrição detalhada de toda sigla, variável ou parte da figura.
 - Deve-se explicar todos os detalhes para que a figura seja autoexplicativa.
 - Toda figura deve ser referenciada no texto.
 - Foi tirado de alguma fonte? Cite a fonte 'Fonte: (Ishida 2013)'. Se modificou algo utilize 'Fonte: Adaptado de Ishida (2013)'.
 - Prefira traduzir do que deixar a figura em inglês [Sugestão Bueno: deixar conforme original e caso necessário explicar em português]
 - Não deixe tabelas como sendo figuras.
 - Evitar: figura 'abaixo' e 'acima', use referencias cruzadas com numerações atualizadas automaticamente.
 - Figuras devem ser chamadas de 'Figura X', com a primeira letra maiúscula e o número da mesma (no lyx use inserir referencia cruzada).
 - Utilizar 'Inserir Label' no Lyx para incluir a referência abaixo da figura e 'Inserir Referência cruzada' para citar a mesma.

Veja a seguir exemplo de inclusão de Figura.

- No LyX 2.x, vá em "Inserir-Flutuante-Figura" (também pode clicar no ícone "Inserir Flutuante Figura").
- Dentro do box "float:figure" ou "flutuante: Figura" você deve incluir o título da Figura - gráfico/foto/mapa/etc.

- a seguir inclua um "label-rótulo", que será utilizado para referência cruzada.
 - No LyX 2.x vá em "Inserir etiqueta" ou pressione o botão "Inserir Legenda".
- acima do título coloque a figura.
 - No LyX 2.x vá em "Inserir Gráficos" ou click no ícone "Inserir Gráficos".
 - Para centralizar a figura, clicar no ícone "Configurações de parágrafo" e selecionar "center"/"centro".
- outra possibilidade é copiar um box de figura existente, e então modificar título, rótulo e figura.

Dica: no canto superior esquerdo do box que contém a figura, existe um texto em vermelho com box cinza. Ao clicar com o botão esquerdo do mouse neste box, o mesmo é iconizado. Repeta o clic para retornar ao estado anterior. Ao clicar com o botão direito, abre-se um diálogo em que é possível selecionar a opção [X] Aqui definitivamente, se quiser obrigar o LyX/L^AT_EX a colocar a figura aqui.

Apresenta-se na Figura B.1 as etapas fundamentais no processamento digital de imagens, adaptadas ao estudo de lâminas de meios porosos. Dentre as vantagens do uso da análise de imagens para a determinação das propriedades físicas das rochas destacam-se a possibilidade de análise de grande quantidade de amostras a um custo reduzido e o uso de amostras de calha e de testemunhos danificados.

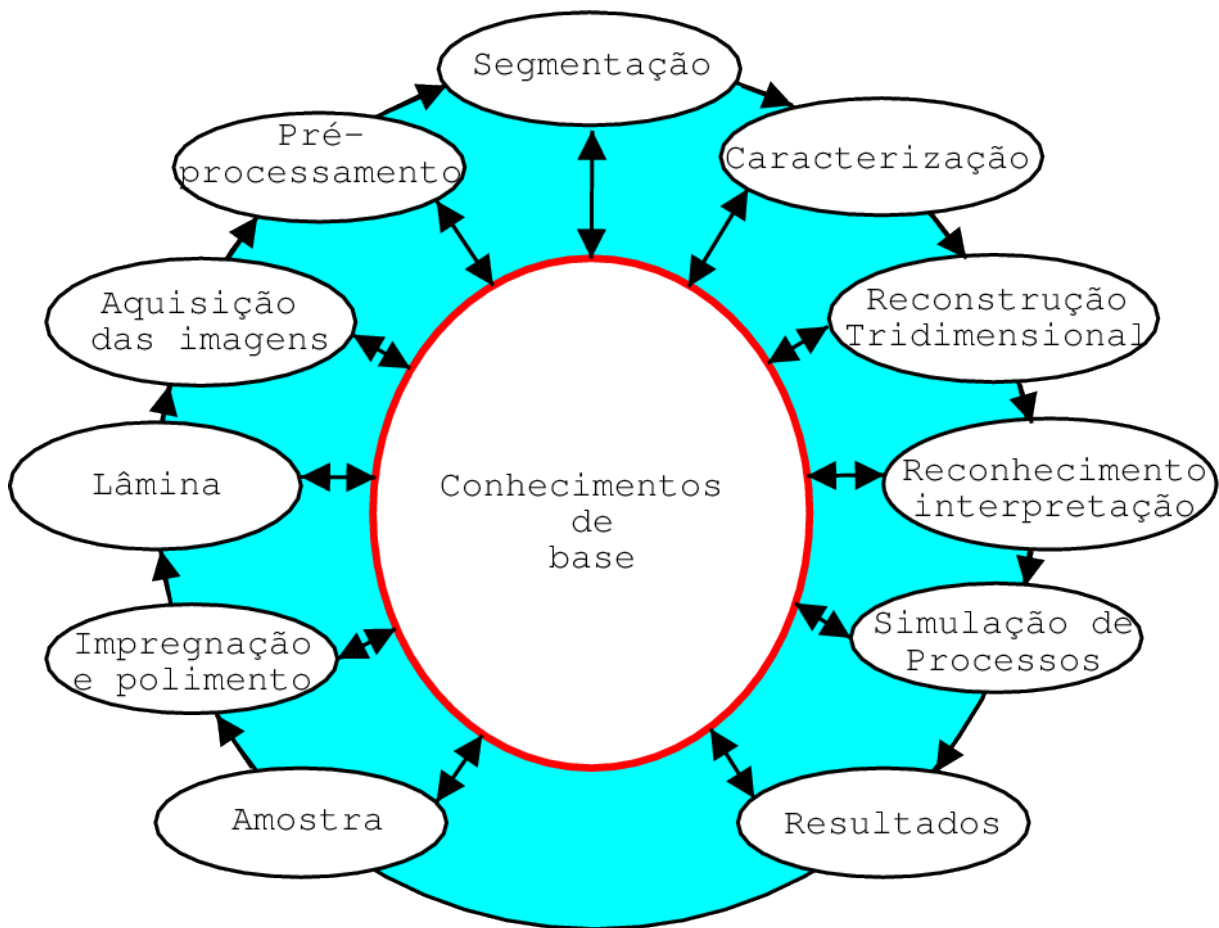


Figura B.1: Etapas fundamentais no processamento digital de imagens, aplicadas ao estudo de lâminas de meios porosos [adaptado de Gonzales e Woods (1992)]

Veja a seguir exemplo com duas figuras em um box

A Figura B.2 mostra uma imagem do Berea 200 colorida em (a) e depois da etapa de pré-processamento com o filtro passa baixa em (b). Observe a redução do contraste e um certo embaçamento da imagem.

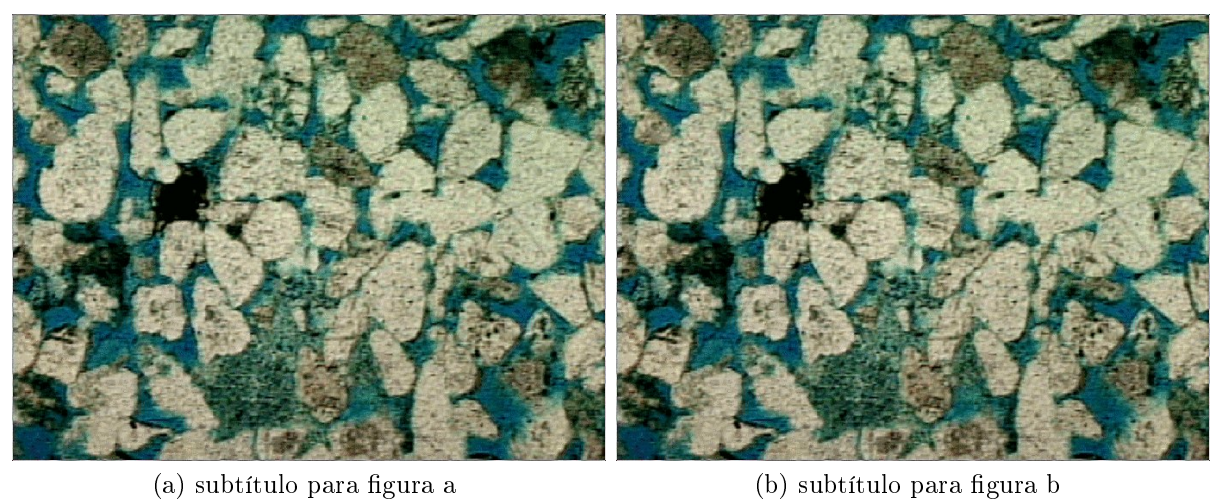


Figura B.2: Título da figura. Em (a) blablabla; em (b) blablabla

Dica: digamos que tenha uma figura e não lembre de onde a tirou. Vá em <http://images.google.com/>, cole a figura que o google tenta achar a mesma.

B.3 Inclusão de Equações

Veja a seguir exemplo de equações numeradas. No Lyx 2.0 vá em "Inserir Math Fórmula Numerada". Se selecionar a equação e pressionar no ícone "Inserir Legenda" ou em "Inserir Etiqueta", pode-se dar um nome para a equação, e este nome pode ser referenciado ao longo do texto.

A caracterização tem como objetivo identificar parâmetros geométricos do material em estudo. Em uma imagem bidimensional já segmentada procura-se determinar a porosidade, a distribuição de tamanho de poros, a função autocorrelação, a função conectividade, o número de objetos, a área dos objetos e fatores de forma. Alguns destes parâmetros são descritos a seguir.

Seja \mathbf{x} um ponto de coordenada (x,y) onde x,y são valores inteiros num espaço discreto bidimensional. Pode-se definir a função de fase $FF(\mathbf{x})$ pela relação:

$$FF(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{se } \mathbf{x} \text{ pertence ao espaço poroso} \\ 0 & \text{se } \mathbf{x} \text{ não pertence ao espaço poroso} \end{cases} \quad (\text{B.1})$$

B.4 Inclusão de Tabelas

Apresenta-se na Tabela B.1 blablabla.

- Para inserir uma tabela o procedimento é praticamente o mesmo da inserção de figuras, a diferença é que você deve selecionar "Inserir Flutuante Tabela".
- Para alterar manualmente a largura de uma coluna, posiciona o mouse sobre a coluna, click com o botão direito, selecione "Configurações", depois entre com a largura no campo largura e pressione ok.
- Quando colocamos o mouse dentro da tabela, aparece uma barra de tarefas na parte de baixo do Lyx, que nos permite manipular alguns aspectos da tabela.
 - O tamanho das colunas é definido pelo texto colocado dentro da coluna. Você pode setar o tamanho da coluna; clicar com botão direito em cima da coluna que quer modificar, a seguir vá em configurações e então sete a largura em cm.

Apresenta-se na Tabela B.2 blablabla. A primeira coluna foi definida com 3cm de largura, e a tabela foi rotacionada (configurações - rodar lado).

Tabela B.1: Exemplo de tabela flutuante.

	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3
Linha 1			
Linha 2			
Linha 3			
Linha 4			
Linha 5			
Linha 6			

B.5 Inclusão de Listagens de Código

Veja exemplo no Cap6-Ciclos-Construcao-Implementacao.

Para detalhes de uso do pacote `listings` veja o manual no site da *nasa* <https://nasa.github.io/nasa-latex-docs/html/examples/listing.html>.

B.6 Roteiro Para Uso do Sistema de Citações Com Banco de Dados .bib

O sistema de referências usando bibtex é extremamente simples e muito prático. O mesmo é composto de uma base de dados (um arquivo .bib que contém a lista de referencias a ser utilizada). Por exemplo, o arquivo `andre.bib`, inclui referencias bibliograficas no formato bib (de uma olhada agora no arquivo `andre.bib` usando um editor de texto como o `emacs`). A seguir, você deve incluir no arquivo do `lyx`, o nome de sua base de dados. Finalmente, você precisa incluir as referencias cruzadas.

Veja a seguir um roteiro:

1. Você deve fazer uma copia do arquivo `bibliografia.bib` e renomear para `seuNome.bib`. A seguir deve usar um editor qualquer (mas preferencialmente o *emacs* ou *kate*) para incluir suas referências bibliográficas. Ou seja, inclua no arquivo `seuNome.bib` todas as citações e referências bibliográficas a serem incluídas em seu TCC/dissertação/-tese (tudo que você leu, e que pode ser incluído na citação da tese e de outros artigos. É sua base de dados de citações).
 - (a) Você pode incluir itens no arquivo .bib que não irão fazer parte da tese, mas poderão ser citadas em artigos futuros.
 - i. ou seja, seu arquivo .bib deve ter todas as referencias que irá citar ao longo da vida acadêmica.
 - ii. se ficar muito grande pode ser dividido por área (`seuNome-area.bib`).
 - (b) Cada item adicionado ao arquivo .bib tem uma chave, o nome desta chave não pode ter espaço nem acentos.

No exemplo abaixo a chave é **adb-mestrado-1994**:


```
@mastersthesis{adb-mestrado-1994,
author = {André Duarte Bueno},
title = {Transferência de Calor e Umidade em Telhas: Simulação e Análise},
school = {Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade},
year = {1994},
type = {Tese de Mestrado},
address = {Florianópolis},
month = {agosto},
key = {Transferência de Calor, Telhas, Meios Porosos, Transport in Porous Media}}

```

- (c) A codificação de caracteres definida para o documento deve ser a mesma usada pelo arquivo .bib. Se seu documento do LyX usa ISO-8859-1, o arquivo .bib deve usar a mesma codificação. No editor *Kate* vá em "Salvar como com codificação..." e localize a opção ISO-8859-1.

- i. Em resumo. Todos os textos a serem incluídos no lyx, como arquivos txt, arquivos de código (*.h. *.cpp), scripts, como arquivos do *gnuplot*, etc, devem usar a mesma codificação de caracteres. Normalmente usamos ISO-8859-1 que é o latin 1.

2. Para fazer uma citação é necessário, antes, incluir no arquivo mestre do lyx um "Insert-> Lists & Toc->Bibtex reference". Vai aparecer um diálogo pedindo para você incluir o nome do arquivo com a base de dados de citações (digite seuNome.bib).

Nota: no modelo que vocês recebem isto já foi feito e aponta para o arquivo com a base de dados "bibliografia.bib".

3. Finalmente, faça referencias cruzadas usando o item de menu "Insert Cross-Reference".
4. Aqui um exemplo, vou citar material sobre LyX e Latex.

- (a) Veja maiores informações sobre latex em [Grossens et al., 1993, Knuth, 1986, Steding-Jessen, 2000, e Patrick W. Daly, 1995, Lamport, 1985, LyX-Team, 2004a, Karger, 2004, LyX-Team, 2004b].

5. Dica: em alguns sites é possível encontrar os dados .bib da citação;

- (a) Exemplo:

- i. Vá no link https://www.google.com.br/books/edition/C++_For_Dummies/-hMTzvUybLoC?hl=pt-BR&gbpv=0

C++ For Dummies
Por [Stephen R. Davis](#) · 2009

[Visualização](#) [Pesquisar](#) [Adicionar à minha biblioteca](#)

[Visão geral](#) [Comprar o livro](#) [Outras edições](#) [Mais desse autor](#)

Sobre esta edição

ISBN: 9780470524121, 047052412X	Número de páginas: 432
Publicação: 20 de abril de 2009	Formato: Livro digital
Editora: Wiley	Idioma: Inglês
Autor: Stephen R. Davis	

[Criar citação](#) [Índice](#)

Enter the world of computer programming with this step-by-step guide to the C++ language! C++ is a great introduction to object-oriented programming, and this friendly guide covers everything you need to know and nothing you don't. You'll write your first program by the end of Chapter 1.

C++ For Dummies, 6th Edition, helps you understand C++ programming from the ground up. It's full of examples to show you how things work, and it even explains "why", so you understand how the pieces fit together. And the bonus CD includes a special code editor, an update GNU compiler, and all source code from the book to save you time.

Learn programming lingo and what terms like object-oriented, compiler, and executable mean, so you can write a program right away. See how to bundle sections of y...

Fonte: Editor

Sobre a obra

Data da primeira publicação: 1994

Autor(a)

Stephen R. Davis
Autor

Stephen R. Davis is the bestselling author of several books on C++, including previous editions of C++ For Dummies. He has been programming for more than 30 years and presently works for L-3 Communications in the area of Homeland Defense.

[Pesquisar Stephen R. Davis](#)

Mais desse autor

- ii. A seguir pressione no botão "Criar Citação" ele abra um diálogo com as opções, selecione "outros formatos BibTeX".

Citação ✕

APA [Davis, S. R. \(2009\). C++ For Dummies. Alemanha: Wiley](#) [Copiar](#)

MLA [Davis, Stephen R.. C++ For Dummies. Alemanha, Wiley,](#) [Copiar](#)

Chicago [Davis, Stephen R.. C++ For Dummies. Alemanha: Wiley,](#) [Copiar](#)

Outros formatos [BibTeX](#) [EndNote](#) [RefMan](#)

- iii. Vai baixar para seu computador a referencia. Ou seja, é tão bacana que em alguns casos nem precisa digitar a citação!

```
Novo Abrir Salvar Salvar como Desfazer Refazer
Script_PosInstalacao_Fedora-38.txt
home andrduartebruno Downloads C++_For_Dummies.bibtex
1 @book{davis2009c++,
2   title={C++ For Dummies},
3   author={Davis, S.R.},
4   isbn={9780470524121},
5   series={--For dummies},
6   url={https://books.google.com.br/books?id=hMTzvUybLoC},
7   year={2009},
8   publisher={Wiley}
9 }
10
```

- iv. Note que também é possível editar diretamente este texto no editor, mas dá mais trabalho.

B.6.1 Citações no meio do texto

Segundo [Grossens et al., 1993] asldkjasldkajsdlkajsd laksjd [LyX-Team, 2004a, Karger, 2004]

Segundo [Grossens et al., 1993, Knuth, 1986, Steding-Jessen, 2000, e Patrick W. Daly, 1995, Lamport, 1985, LyX-Team, 2004a, Karger, 2004, LyX-Team, 2004b] asldkjasldkajsdlkajsd laksjd

B.6.2 Citações no início do texto

`\citeonline{SL-latex-companion} 1asldkjasldkajsdlkajsd laksjd`

`\citeonline{SL-latex-companion,SL-latex-demo} 2asldkjasldkajsdlkajsd laksjd`

B.6.3 Citações tipo apud

Segundo `\apud{SL-latex-companion}{SL-latex-demo} 3asldkjasldkajsdlkajsd laksjd`

`\apudonline{SL-latex-companion}{SL-latex-demo} 4asldkjasldkajsdlkajsd laksjd....`

B.6.4 Incluir nas referências bibliográficas (fim do documento), mas não citar

asldkjasldkajsdlkajsd laksjd

asldkjasldkajsdlkajsd laksjd

Diversos sites de pesquisa e mesmo sites de pesquisa como o google, costumam ter informações sobre artigos e livros no formato .bib.

Veja a seguir Figura do site books.google.com.br. O usuário localizou o livro na base de dados do google, rolou a página para baixo e encontrou o link para as referencias nos formatos: BIB_TE_X, EndNote e RefMan. Baixe a versão BIB_TE_X e copie seu conteúdo para o arquivo bibliografia.bib.

Informações bibliográficas

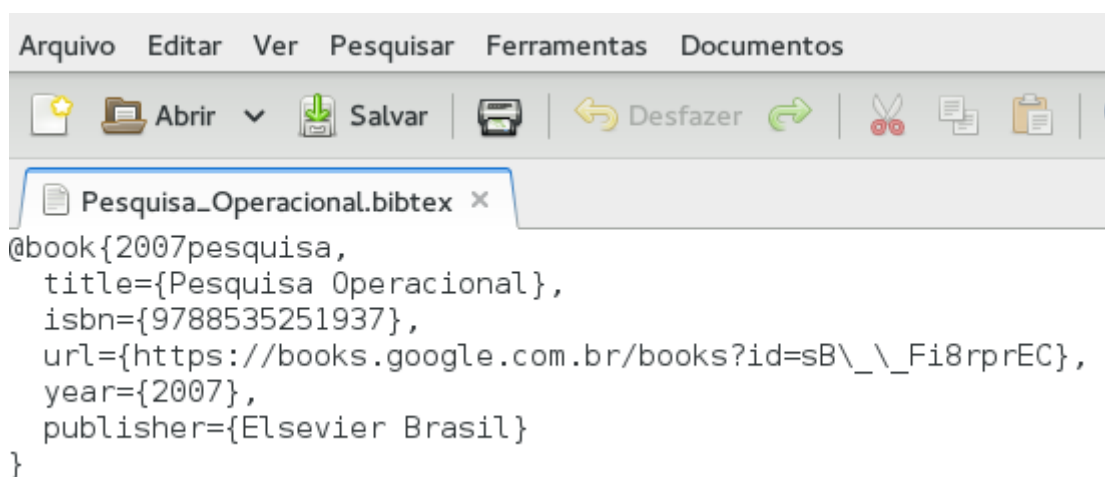
Título	Pesquisa Operacional
Autor	Arenales,marcos/armentano,vinicius/morabit
Editora	Elsevier Brasil, 2007
ISBN	8535251936, 9788535251937
Num. págs.	523 páginas

Exportar citação

[BiBTeX](#)

[EndNote](#)

[RefMan](#)



B.7 Informações Adicionais

- Manuais do LyX (precisa ler! comece lendo o tutorial)
- <http://chem-e.org/comando-cite-e-citeonline-no-abntex/>
- <http://win.ua.ac.be/~nschloe/content/bibtex-how-cite-website>.
- <http://chem-e.org/comando-apud-e-apudonline-no-abntex/>.
- http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Bibliography_Management

Tabela B.2: Exemplo de tabela flutuante - coluna com dimensão fixa e rotacionada.

	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Linha 1 blablal l adlalda ldlasldasld asld										
Linha 2										
Linha 3										
Linha 4										
Linha 5										
Linha 6										
Linha 7										
Linha 8										
Linha 8										
Linha										
Linha										
Linha										
Linha										
Linha										
Linha										
Linha										
Linha										
Linha										
Linha										
Linha										