



X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica

"Influência da pesquisa em Engenharia Química no desenvolvimento tecnológico e industrial brasileiro"

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Universidade Severino Sombra
Vassouras – RJ – Brasil

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AUTOMATIZAÇÃO DO LABORATÓRIO PVT DE ÓLEOS PESADOS

VOLPATTO*¹, D. T.; SILVA², A. L.; SOUSA³, A.O.; SOUZA⁴, D.F.S.

¹Aluno do DEQ/UFRN ²Técnico do LabPVT/NUP-ER/UFRN ³Professor do DFTE/UFRN
⁴Professor do DEQ/UFRN

Departamento de Engenharia Química - Centro de Tecnologia - UFRN
Endereço – UFRN, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, CEP. 59.072-970, RN,
email: domingos@eq.ufrn.br

RESUMO - A predição das características e da capacidade de produção de poços maduros de petróleo demanda experimentos do comportamento de fases do fluido nas condições de reservatório. Os experimentos são realizados em amostras de óleo (geralmente multifásicas), de composição desconhecida e obtida nas condições de pressão e temperatura do reservatório (acima de 6000 psi e 70 °C). Inicialmente, determina-se a viscosidade e densidade das amostras para, em seguida, serem separadas nas frações líquidas e gasosas. Pequenas parcelas de cada uma das frações são direcionadas para: (a) caracterização por cromatografia; (b) separações multifásicas sequencial; (c) compressão e expansão sequencial; (d) determinação dos pontos de bolha e orvalho. Por fim, este conjunto extenso de resultados experimentais é reagrupado e utilizado na estimativa das condições do poço produtor. Essa laboriosa tarefa motivou o presente trabalho, que tem como objetivo a criação de software para automatização das análises PVT - Pressão, Volume e Temperatura - e geração de relatórios/resultados. O programa desenvolvido em linguagem Python possui interface amigável, gerador de gráficos, pacotes numéricos para estimativa de propriedades termodinâmicas e de equilíbrio de fases e comunicação com demais softwares para edição de relatórios (Word®, Excel®, Adobe® e outros). Para validação do software utilizou-se informações de dados experimentais disponibilizados na literatura.

Palavras chave: análise PVT, propriedades PVT, fluidos de reservatório de petróleo.

INTRODUÇÃO

Os ensaios experimentais PVT representam um conjunto de análises de comportamento de fases de óleos pesados em condições de reservatório. Estas análises são utilizadas na previsão da capacidade de produção e no estudo reológico do óleo

(Rutledge e Rajagopal, 2007) impactando na definição dos parâmetros de refino.

Os experimentos de análise PVT para óleos pesados têm início com a coleta de amostras em cilindros de amostragem. Neste caso, devem-se garantir as condições de pressão e temperatura do reservatório (Danesh, 1998). A etapa seguinte é a realização de uma

*Bolsista de Iniciação Científica FUNPEC/ANP/UFRN

separação “flash” em condições ambiente e a determinação do volume superficial da fase gasosa e líquida. Após a análise, são realizadas amostragens das fases para determinação composicional do óleo por análises cromatográficas. O procedimento experimental seguinte é a determinação da pressão de saturação do óleo pesado (determinação do ponto de bolha) em uma célula de análise – célula PVT. Neste equipamento torna-se possível variar o volume de amostra em relação à pressão. Os resultados obtidos representam uma curva de pressão versus volume (com a temperatura constante) onde o ponto de inflexão indica a pressão de bolha da mistura (Rutledge e Rajagopal, 2007).

A emissão do parecer final sobre as características do reservatório perpassa todos os experimentos citados acima, bem como o agrupamento ordenado do conjunto de resultados obtidos. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo principal viabilizar a coleta e tratamento do conjunto de resultados obtidos com os experimentos de análise PVT concentrando todas as informações experimentais em um único banco de dados.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho é composto, essencialmente, por uso de ferramentas computacionais e a sistematização dos procedimentos realizados em um laboratório de análises PVT, onde:

- Para a elaboração do programa de forma geral, foi utilizada a linguagem Python 2.7 (Lutz, 2009) e recursos de sua biblioteca padrão.
- Para a construção da interface gráfica, utilizou-se a biblioteca *open source* wxPython 2.9 (Rappin e Dunn, 2006) em conjunto com o construtor wxGlade v0.6.7 (Grohmann, 2013).
- Demais recursos foram inseridos a partir de pacotes científicos como o SciPy (Scipy Community, 2013) e a biblioteca Pint (Grecco, 2013), que é voltada para utilização de sistemas de unidades e conversões.

- Para edição de código e junção das bibliotecas, foi usado o Portable Python 2.7.5.1.

Todas as ferramentas utilizadas têm como característica a licença livre, o que garante o uso legal delas.

Dentre os métodos padrões de análises PVT associados ao óleo pesado, o presente trabalho aborda os dados do *Constant Composition Expansion* (CCE) - expansão à composição constante -, que tem como finalidades determinar a pressão do ponto de bolha, a densidade do óleo subsaturado, compressibilidade isotérmica do óleo e o comportamento volumétrico bifásico em pressões inferiores ao ponto de bolha (Whitson e Brulé, 2000), tudo à temperatura constante. Os dados de pressão e volume utilizados neste trabalho são oriundos de um experimento do Laboratório PVT do NUP-ER (UFRN) - que foram realizados uma amostra de poço obtido em campo, especificamente, Xaréu - e outros dados encontrados na literatura (Whitson e Brulé, 2000) que foram também inseridos no programa via interface gráfica. No caso dos dados obtidos por meio de experimentos, realizou-se uma importação de dados de um arquivo com extensão csv (*comma separated values*), que foi gerado pela máquina conectada à célula PVT (Chandler Engineering modelo 3000-L). Esses dados foram adquiridos através de um sistema de aquisição PC – célula PVT, fornecido pelo fabricante. Após inserção ou importação de dados, torna-se possível a confecção de gráficos de pressão versus volume, que viabilizam o estudo do comportamento da amostra.

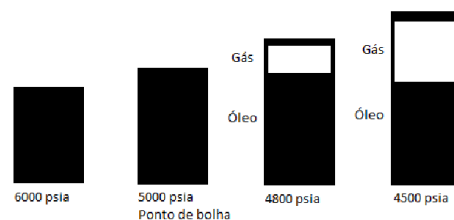


Figura 1 - Esquema do experimento CCE.

Seguindo às necessidades de armazenamento de dados apropriados, também é concedida a entrada de informações referente às condições da amostra e às características da

formação e do poço. Pode-se, também, inserir a composição da amostra, posteriormente à análise cromatográfica, tanto em porcentagem molar como em mássica, ficando a critério do usuário. Com esse conjunto de dados em mãos, o programa oferece a funcionalidade de

A figura 3 mostra um diagrama explicativo sobre a organização do programa até o momento da escrita deste texto. Também é possível abrir o editor de relatórios, que se encontra no menu “Editar” e gerar relatórios no menu “Arquivo”, no item “Gerar relatório”.

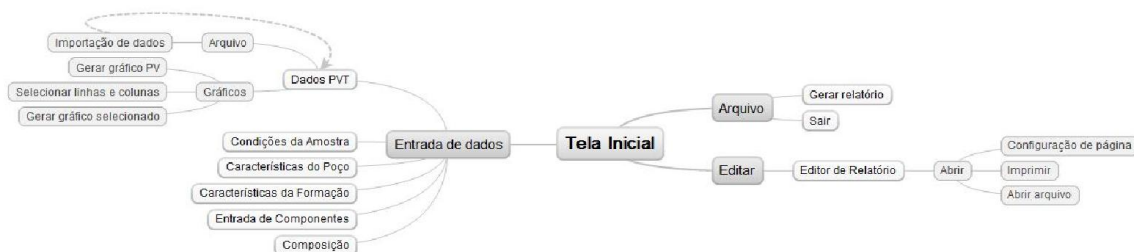


Figura 3 – Diagrama do aPVT.

gerar um relatório padrão ANSI, assim como a possibilidade de impressão e edição através de um editor interno ao software.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Convém destacar que o produto do trabalho é um software, então os resultados e as discussões apresentadas estão direcionadas ao uso da ferramenta.

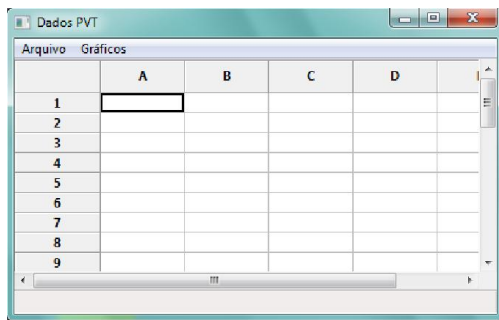
Ao abrir o programa, inicia-se a tela principal do “aPVT”, mostrada na figura 2, de onde é possível acessar as opções de entrada de dados, que possui os campos para escolha de sistemas de unidades (em fase de implementação), para entrada dos componentes presentes em uma amostra, entrada da composição de uma amostra, entrada de dados PVT em uma tabela, entrada de dados das condições da amostra e características da formação e do poço. A tela inicial possui o seguinte aspecto:



Figura 2 – Tela inicial do aPVT.

No que se refere ao experimento CCE, é de interesse o campo “dados PVT” no menu “Entrada de Dados”. Ao selecionar esse campo, o programa leva o usuário a uma janela que possui uma tabela (figura 4a), na qual o usuário pode entrar com dados PVT numa organização que lhe convir, ou pode importar uma tabela que possua extensão *csv* (figura 4b). Em ambos os casos, o usuário tem a opção de gerar gráficos. Caso a importação seja oriunda da célula PVT do Laboratório PVT do NUP-ER (UFRN), no menu “Gráficos” existe a opção “Gerar gráfico PV”, que já é configurado para confeccionar gráficos no padrão dos dados gerados na célula. Senão, o usuário pode escolher o intervalo de linhas e as colunas que deseja plotar, inclusive pode nomear os eixos do gráfico.

Para realizar tal feito, basta selecionar as regiões do gráfico em “Selecionar linhas e colunas”, presente em “Gráficos”. Isso abrirá uma janela aonde será feita todas as definições ditas anteriormente. Depois, basta clicar em “Gerar gráfico selecionado”. Abaixo, encontra-se a imagem das janelas previamente anunciadas:



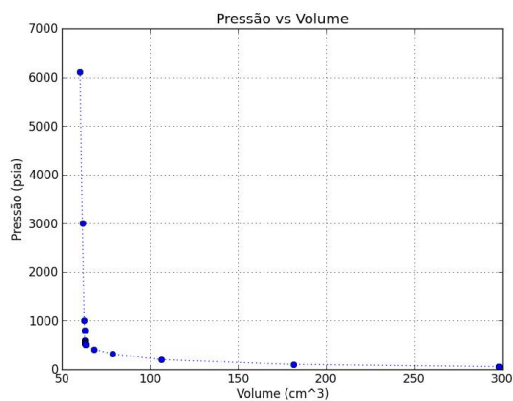
(a)

1	2	3	4	5	6
Date	Time	Elapsed Time	Pump Cell Press	Pump Cell Vol	Pump Cell Temp
(mm/dd/yyyy)	(hh:mm:ss)	(minutes)	(psia)	(cc)	(°C)
05/19/2012	15:20:49	0.37	6116.1	60.243	40.2
05/19/2012	15:24:48	4.34	3008.4	61.549	40.1
05/19/2012	15:36:48	16.35	1002.7	62.667	40.1
05/19/2012	15:39:54	19.46	802.8	62.797	40.1
05/19/2012	15:43:08	22.68	602.9	62.933	40.1
05/19/2012	15:55:04	34.62	582.1	62.938	40.1
05/19/2012	15:58:36	38.14	561.4	62.973	40.1
05/19/2012	16:03:11	42.73	551.9	62.982	40.1

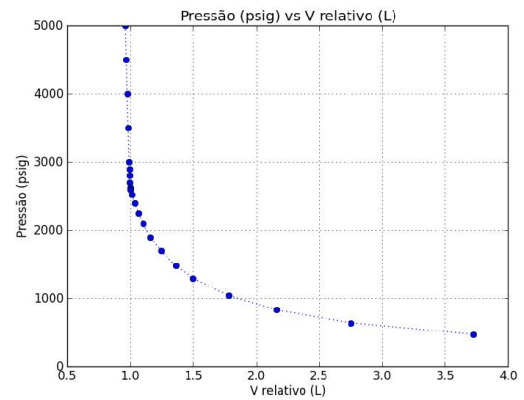
(b)

Figura 4 – (a) Telas dos dados PVT sem importação; (b) Tela com dados PVT importados.

Utilizando-se de dados encontrados na literatura (Whitson e Brulé, 2000) e os obtidos por meio de experimento CCE no Laboratório PVT (via importação no aPVT), obteve-se os gráficos de pressão vs volume, mostrados abaixo pelas figuras 5a e 5b.



(a)



(b)

Figura 5 – (a) Gráfico Pressão vs Volume do Laboratório PVT; (b) Gráfico Pressão vs Volume com dados de Whitson e Brulé (2000).

No segmento da elaboração de relatórios, entram as janelas de entrada de dados das Condições da Amostra (figura 6c), das Características do Poço (figura 6b) e da Formação (figura 6a), assim como a Composição. Estas informações correspondem a ficha de entrada da amostra no laboratório e são obrigatoriamente preenchidas por um técnico.

Formação	
Nome	
Primeiro Poço Completado	
Pressão de Reservatório Original	
RGO Produzido Originalmente	
Taxa de produção, B/D	
Temperatura do separador	
Pressão do separador	
Densidade do óleo	
Datum	
Gas cap original	

Complete os espaços vazios

(a)

Características do Poço

Poco	
Elevacao, ft	
Profundidade total, ft	
Intervalo de producao, ft	
Diametro da tubulacao, in.	
Profundidade da tubulacao, ft	
PI em 300 B/D, B-D/psi	
Ultima pressao de reservatorio a 8.500 ft, psig	
Data	
Temperatura do reservatorio a 8.500 ft, °F	
Status do poço	
Manometro	
Taxa de producao normal, B/D	
RGO, scf/bbl	
Pressao do separador, psig	
Temperatura do Separador, °F	
Pressao da base, psia	
Producao de agua do poço, % corte de agua	

OK Cancel

Complete os espacos vazios

(b)

Condições da Amostra

Amostra	
Profundidade da amostra, ft	
Status do poço	
RGO	
Pressao do separador, psig	
Temperatura do separador, °F	
Pressao da tubulacao, psig	
Pressao da carcaca, psig	
Amostra por	
Tipo da amostra	

OK Cancel

Complete os espacos vazios

(c)

Figura 6 – Janelas dos dados (a) Formação; (b) Poço; (c) Amostra.

Após o ensaio de separação “flash” nas condições ambiente – flash zero, duas amostras são obtidas (fase líquida e fase gasosa). As amostras são enviadas ao laboratório de análises cromatográficas para realizar a determinação da composição das respectivas fases. Esse processo é de suma importância para a realização dos demais cálculos em PVT.

As janelas apresentadas nas figuras 7(a) e 7(b) representam a sequência de informações necessárias para o preenchimento do fichário relacionado a cromatografia.

Entrada de componentes

Add

OK

(a)

Composição

Arquivo	%mol	%wt
H2S	0	0
CO2	0,91	0,43
N2	0,16	0,05
Methane	36,47	6,24
Ethane	9,67	3,10
Propane	6,95	3,27
i-butane	1,44	0,89
n-butane	3,93	2,44
i-pentane	1,44	1,11
n-pentane	1,41	1,09
Hexanes	4,33	3,97
C7+	33,29	77,41
%total	100,0	100,0

(b)

Figura 7 – Janelas dos dados de composição (a) Entrada dos componentes; (b) Composição.

Com o preenchimento dos dados das janelas acima, é possível então, através do menu “Arquivo”, gerar o relatório. Caso haja a necessidade de editar o relatório ou mesmo imprimi-lo, o editor de relatório realiza isso. No relatório gerado, devem constar os dados armazenados nas janelas da Figura 6 e da Figura 7 (análise composição).

CONCLUSÃO

Ainda no estágio inicial, o software aPVT apresenta-se como uma ferramenta computacional versátil para a geração de relatórios e importação dados. Estas funcionalidades estão aliadas à flexibilidade de confecção de gráficos experimentais e análise de dados oriundos de experimentos PVT além de permitir padronizar todos os procedimentos laboratoriais em um único ambiente/software.

REFERÊNCIAS

- DANESH, A. (1998), PVT and Phase Behavior of Petroleum Reservoir Fluids. Editora Elsevier, Amsterdam.
- GRECCO, H. E. Pint Documentation. Disponível em: <<https://media.readthedocs.org/pdf/pint/latest/pint.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2013.
- GROHMANN, C. WxGlade manual. Disponível em: <<http://wxglade.sourceforge.net/manual/manual.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2013.
- LUTZ, M. (2009), Python: Pocket Reference. Editora O'reilly, Sebastopol.
- RAPPIN, N., DUNN, R. (2006), WxPython In Action. Editora Manning, Greenwich.
- RUTLEDGE, L. A. M., RAJAGOPAL, K. (2007), “Determinação de Ponto de Bolha de um Óleo Vivo a partir de Dados PVT” 4º Pdpetro, Campinas-Sp, p. 1-7.
- SCIPY COMMUNITY. SciPy Reference Guide. Disponível em: <<http://docs.scipy.org/doc/scipy/scipy-ref.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2013.
- WHITSON, C. H., BRULÉ, M. R. (2000), Phase Behavior. Editora Society Of Petroleum Engineers, Internacional. (SPE Monograph Series).

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, à Petrobras e à FINEP pelo fomento para a realização do presente trabalho.