

Análise do ensino de programação nos cursos de graduação no Rio de Janeiro e como utilizar VBA/Excel. Uma pesquisa aplicada à química e à engenharia química

Evaluation of programming teaching in undergraduate courses in Rio de Janeiro and how use VBA/Excel. A focused research on chemistry and chemical engineering

Fabiano Galdino Leal^{a*}, Soraya Nassar Sakalem^b, Érika Christina Ashton Nunes Chrisman^c

^a*Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói. RJ, Brasil*

^b*Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

^c*Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

**e-mail: fab.galdino@gmail.com*

Submetido em 25/09/2018; Versão revisada em 15/10/2018; Aceito em 16/10/2018

Resumo

A elevada produção científica em química e engenharia química atrelada ao desenvolvimento de ferramentas computacionais de grupos americanos e chineses é nitidamente superior ao resto do mundo, onde observa-se forte interação da computação com as disciplinas durante o curso de graduação e maior associação à situações-problemas da química e engenharia. Neste estudo, observou-se a deficiência na contextualização do ensino de computação nas universidades públicas do Rio de Janeiro para os cursos de química e engenharia química, onde a ausência de práticas didáticas satisfatórias impede a abordagem apropriada entre computação e os problemas da indústria química. Assim, propôs-se a modificação de seus currículos e inclusão de práticas computacionais através da elaboração de algoritmos em VBA/Excel.

Palavras-chave: VBA/Excel; ensino de programação; química; engenharia química; universidades no Rio de Janeiro

Abstract

The performance of US and Chinese groups in the scientific production of chemistry and engineering computing is markedly superior to the rest of the world, where the presence of computation is constant in the syllabus and associated with the problem solving of these sciences. In this study, curricula and syllabus of public universities in Rio de Janeiro evaluated regarding the contextualization and adequacy of computer teaching in courses of chemistry and chemical engineering, after evaluation the authors does not observe satisfactory didactic practices. Thus, proposed the modification of its curricula and a sketch of algorithm that allows introducing programming in Excel/VBA among the obligatory subjects of specific disciplines.

Keywords: VBA/Excel; programming teaching; chemistry; chemical engineering; undergraduate courses in Rio de Janeiro

INTRODUÇÃO

A compreensão, resolução e superação de problemas são características cada vez mais procuradas nas pessoas, seja qual for sua formação e área de atuação, essas habilidades analíticas são constantemente associadas à educação de qualidade que prepara e estimula (SILVA; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2011; WARTHA; REZENDE, 2011). A indústria química pode ser utilizada para exemplificar essa situação, em que a qualidade, eficiência e competitividade estão diretamente relacionadas a capacidade de determinar a qualidade dos produtos, prever situações indesejáveis no processo e obter as melhores condições de produtividade através de extensos e complexos cálculos, cujo tempo de resposta desejado é curto. Neste cenário, a realidade da química e engenharia sofreu profundas transformações há mais de trinta anos com o avanço da computação e desde então, o debate de como preparar alunos para a aplicação de algoritmos e linguagens de programação se popularizou e notoriamente cresceu e diversificou-se, com muitas plataformas de desenvolvimento, além da original estruturação em *Fortran* (CORONELL, 2005). Com a crescente importância dos computadores e sua constante atualização, é fundamental a programação como ferramenta educacional na engenharia e na química (KASSIM; CADBURY, 1996). Desta forma, a instituição de ensino superior (IES) pode cumprir com o papel de promover experiências educacionais básicas, estimular a criatividade e disseminar conhecimento, além de formar para a vocação e realidade do mercado de trabalho (ANDRADE et al., 2004).

A inclusão de disciplinas contendo ensino de programação é comum nos primeiros anos dos cursos de graduação na área de ciências exatas, como em: química (bacharelado e licenciatura), química tecnológica e engenharia química. Normalmente, os cursos utilizam plataformas como MATLAB® e outras com linguagem C, durante o qual

buscam alternativas a solução de problemas simples e facilmente resolvidos por cálculos básicos, conseqüentemente tornam a aplicação do *software* desnecessária e o ensino ineficiente e desestimulante aos estudantes. A apresentação descontextualizada do conteúdo, incapacita a absorção do conhecimento para aplicá-lo em disciplinas que necessitem de abordagens matematicamente mais complexas (CRESS et al., 2012; PINHEIRO; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2010; SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007). Integrar essas disciplinas a outras nas quais processos industriais são modelados, propriedades termodinâmicas ou equilíbrio de reações complexas sejam estimados e, em que a titulação de produtos possam ser ilustradas (COLEMAN, 2010; GE et al., 2014; NIECE, 2012; ÖHRSTRÖM et al., 2005; WALKOWIAK; NEHRING, 2016), agrega mais valor a programação, permitindo a aplicação de modelos matemáticos mais completos e promovendo soluções rápidas e precisas (KASSIM; CADBURY, 1996).

Nesse sentido, o ensino de programação deve abordar questões comuns da ciência, evitar plataformas cujos algoritmos sejam longos ou apresentem interface pouco amigável (KASSIM; CADBURY, 1996) e ampliar a capacidade do aluno de absorver conhecimento sobre as rotas matemáticas do problema, pois entender a aplicação computacional neste ramo da ciência estimula o caráter crítico-reflexivo dos estudantes. A articulação em torno da proposta de ensino na qual estejam definidos claramente os objetivos do curso e sua abrangência, permite além do domínio cognitivo dos conteúdos de química e engenharia, contemplar atividades que visem estabelecer correlações com áreas conexas, ampliando o caráter interdisciplinar e permitir desenvolver o trabalho em equipe (ANDRADE et al., 2004; KASSIM; CADBURY, 1996).

Levantamento realizado em 2004, indicou que egressos dos cursos de engenharia recém admitidos em empresas dedicam metade do dia de trabalho a tarefas computacionais, com especial utilização de

programas comerciais com interface amigável, sendo o mais utilizado o *Microsoft Excel* (EDGAR, 2004; GABRIELA B. DENARI, THALITA R. SACILOTO, 2016; OLIVEIRA et al., 2007). Este mesmo estudo mostrou que os profissionais mais capazes de atender aos desafios da função foram aqueles ensinados a utilizar efetivamente a linguagem de programação disponível no *Excel®*, a *Visual Basic for Applications*, ou simplesmente VBA, sendo essa a linguagem de programação mais indicada por engenheiros (CORONELL, 2005).

Ainda em 2004, no Brasil, foi percebido que 41% dos cursos de graduação em química se concentravam na região sudeste, região mais industrializada e desenvolvida do país (ANDRADE et al., 2004), e onde se localizam instituições de ensino superior de qualidade reconhecida.

Além da vantagem profissional, essas ferramentas computacionais são capazes de solucionar rotinas matemáticas de engenharia e química permitindo reduzir o tempo no processamento de dados e aumentar a disponibilidade de estudantes para análise e discussão dos resultados (CORONELL, 2005; STAMMITTI, 2013; WONG; BARFORD, 2010). Essas ferramentas permitem também a construção de gráficos e a comunicação entre programas (OLIVEIRA et al., 2007).

Estudo publicado em 2016 mostrou a evolução do currículo dos cursos de engenharia com inclusão de disciplinas que abordam ciências da computação. Nesta publicação, o autor conclui que 76% dos egressos de cursos de engenharia reconheceram a importância da programação na formação acadêmica, enquanto 89% afirmam que é importante possuir habilidades de programação para o desenvolvimento profissional (GERBER; KHASHE; SMITH, 2016).

Na África do Sul e nos EUA, desde a década de 1990, linguagens de programação são abordadas ainda no ensino médio (KOORSSE; CILLIERS; CALITZ, 2015), inclusive em cursos de química

orgânica, bioquímica e físico-química (HU; SHEPHERD; COLLEGE, 2013). Na Venezuela e Hong Kong, os alunos de graduação constroem rotinas computacionais em planilhas eletrônicas após cada aula experimental e seus currículos incluem o aprendizado de pelo menos dois pacotes computacionais comerciais (STAMMITTI, 2013; WONG; BARFORD, 2010).

É voz corrente que os químicos e engenheiros formados em várias IES públicas e privadas do Brasil têm nível de conhecimento específico em engenharia e química compatível com aqueles de países desenvolvidos, haja vista o reconhecimento internacional sobre trabalhos científicos produzidos em parceria com as universidades (ANDRADE et al., 2004). Todavia, sob alguns aspectos, formam-se profissionais despreparados para um mundo em constante mudança. As principais deficiências na formação dos químicos brasileiros podem ser enquadradas como aquelas de formação em áreas afins à química, como por exemplo, biotecnologia, biologia e outras modalidades de conhecimento atuais e novas (ANDRADE et al., 2004).

A presença de computação no currículo da IES permite preparar profissionais para conhecer as demandas da indústria e suprir parte da deficiência em novas tecnologias (GERBER; KHASHE; SMITH, 2016). Os currículos estão sujeitos a constante atualização e devem principalmente considerar a capacidade de mudança causada pela computação, devido ao complexo de forças atuando sobre as mudanças na indústria e na formação de profissionais em ciências, tais como economia global, influências do mercado e tecnologias digitais. Conseqüentemente, a formação de profissionais capazes de abordar problemas de forma moderna e interdisciplinar faz a revisão de currículos cada vez mais relevante e necessária (GERBER; KHASHE; SMITH, 2016; SILVA, 2011).

O controle de processos químicos visa manter as variáveis monitoradas dentro da faixa esperada de valores no decorrer da manufatura industrial, deste

modo, para que seja possível medir as variáveis como temperatura, nível, vazão e pressão são utilizados sensores que transmitem sinais elétricos e são interpretados por controladores que atuam sobre o processo na forma de elementos como válvulas, resistências elétricas, motores e bombas. A modelagem e tratamento computacional na indústria química são foco de estudo desde a década de 1980 (BEQUETTE, 1991), evoluíram drasticamente e hoje passam por mudanças mais significativas em decorrência do avanço tecnológico.

O termo Indústria 4.0 e *Industrial Big Data Analytics*, consequência da aplicação intensa de tecnologias digitais na indústria, resume a integração entre sensores de processo, transmissores, sistemas de planejamento, informações de clientes e fornecedores, todas simultaneamente processadas em tempo real e administradas por sistemas autônomos de tomada de decisão, conferem maior segurança ao processo, redução de custos, menor impacto ambiental e transforma o modelo de negócios da indústria (ALMEIDA; PARK, 2017).

Consequentemente, para se adaptar a introdução dessas tecnologias digitais, a educação superior deve buscar soluções na promoção de melhorias no processo ensino-aprendizagem com maior ênfase em recursos computacionais em conjunto às disciplinas de processos químicos, fenômenos de transferência, operações unitárias, químicas analíticas e instrumental e termodinâmica, se utilizados adequadamente, podem ainda ampliar o conceito de aula e desenvolver novas pontes cognitivas. Sabe-se que a utilização de recursos computacionais no ensino superior de química cresceu (GABRIELA B. DENARI, THALITA R. SACIOTO, 2016; JAREK et al., 2013; SINEX; CHAMBERS, 2013), mas ainda pode ampliar processos mentais superiores como percepção, atenção e memória. Assim, tem-se propósito pedagógico de elaborar algoritmos e contribuir educacionalmente para o surgimento de situações-problemas, de seus desafios, com o levantamento e

refutação de hipóteses na resolução dessas situações (MACHADO, 2016; ÖHRSTRÖM et al., 2005).

Portanto, o objetivo desse trabalho é sintetizar através de análise estatística básica como as IES abordam o ensino de programação nos cursos de educação superior a nível de graduação em química, química tecnológica e engenharia química nas universidades públicas do estado do Rio de Janeiro. Após esta avaliação, comparar como outras IES de referência abordam a interface programação-química-engenharia em situações-problemas do ensino e, por fim, apresentar ferramenta computacional básica aplicável em sala de aula, que se espera ser capaz de estimular o desenvolvimento profissional e apresentar conceitos fundamentais de programação.

MÉTODOS

Pesquisa de currículo

As ementas oficiais e vigente no ano de 2017 foram pesquisadas para os cursos de educação superior a nível de graduação em química, química tecnológica e engenharia química das instituições de ensino públicas do Rio de Janeiro. A caracterização dos cursos foi preliminarmente dividida em química, química tecnológica e engenharia química de forma a refletir as atividades profissionais estabelecidas pela Lei N^o 2.800/1956 e resolução normativa 36, contudo, devido à natureza educacional do título de licenciatura, esse estudo subdividiu a formação química em licenciatura e bacharelado, assim totalizando quatro tipos diferentes de cursos.

Os currículos pesquisados foram das seguintes instituições de ensino: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Instituto Militar de Engenharia (IME), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Universidade Federal Fluminense (UFF),

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), totalizando assim sete instituições de ensino superior, cujos respectivos sítios eletrônicos contêm informações sobre o conteúdo de cada disciplina da grade curricular. Nos casos de cursos que conferem a mesma titulação e são oferecidos em mais de um turno ou em polos diferentes da mesma universidade, foi considerada a matriz de disciplinas daquele com menor tempo de integralização ou término de curso. Foram consideradas neste estudo apenas as disciplinas obrigatórias dos cursos presenciais.

Os cursos que conferem título de bacharel tecnológico ou similares em graduação tecnológica, conhecidos por tecnólogos, foram removidos deste estudo por corresponderem a outro nível de titulação e apresentarem menor tempo de duração, menor carga horária e sequência de disciplinas com ênfases diferentes quando comparados ao título de bacharel.

O total de disciplinas que continham explicitamente algum elemento de computação, programação ou planilhas eletrônicas foi investigado e, então, elaborada tabela com o período sugerido da disciplina, o tipo de curso, universidade e verificada a integralização da disciplina com o conteúdo profissional do curso.

Pesquisa de produção científica

A produção científica foi determinada utilizando a base multidisciplinar de publicações da *Elsevier*, conhecida por *Scopus*, disponível no portal da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Esta base foi escolhida por indexar títulos acadêmicos revisados por pares, títulos de acesso livre, anais de conferências, publicações comerciais, séries de livros, páginas *web* de conteúdo científico (reunidos no *Scirus*) e patentes de escritórios, além de dispor de funcionalidades de apoio à análise de resultados (bibliometria) como identificação de autores e filiações, análise de

citações, análise de publicações e índice H. Nessa base, sobre todos os campos dos periódicos, foram aplicados a pesquisa simples os seguintes termos: *(TITLE-ABS-KEY (chemical OR chemistry OR "chemical engineering") AND TITLE-ABS-KEY ((programming OR computation) OR (vba OR excel OR spreadsheet)))* e, posteriormente, o período de avaliação foi limitado de 2000 à 2016. Sobre o resultado da pesquisa, elaborou-se análise estatística de países e instituições com maior produção científica.

Pesquisa de currículo das principais instituições e proposta educacional

Esse procedimento procede a pesquisa de produção científica da base *Scopus*. Após determinação das três principais IES do país com maior participação científica nos temas objeto de pesquisa, foram selecionadas para análise curricular dos cursos nos respectivos sítios eletrônicos, e então, investigada como é desenvolvida a abordagem de programação nos cursos de química e engenharia, seguindo o mesmo procedimento da pesquisa daquelas IES localizadas no Rio de Janeiro.

Após identificar as disciplinas do ciclo profissional que mais agregam no ensino de programação, é proposta metodologia educacional para aplicação de ferramenta em *Excel*® na solução de situações-problemas no meio acadêmico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dos currículos

Foram considerados dezoito cursos superiores entre as IES deste trabalho, que apresentam duração média de cinco anos para os de engenharia e de quatro anos para os demais cursos. As ementas avaliadas foram aquelas mais recentes e todas apresentavam com clareza o conteúdo programático a ser desenvolvido em sala de aula. Durante a

avaliação das ementas, caracterizou-se o ensino de programação ou de planilhas eletrônicas em todas as ementas que continham explicitamente textos que remetessem a esses termos.

De acordo com esse levantamento, ilustrado na Tabela 1, pôde-se constatar que 50% dos cursos avaliados, indicados por não há na tabela abaixo, na coluna “Período da disciplina”, não apresentaram qualquer disciplina relacionada ao ensino de algoritmos, programação ou familiarização com plataformas computacionais de desenvolvimento de aplicativos ou planilhas eletrônicas.

Tabela 1
Ensino de programação nas universidades

#	Universidade	Período da disciplina	Nome curso	Ensino contextualizado
1	UFRJ	1 ^o	Bacharelado em Química	Não
2		Não há	Licenciatura em Química	N/D
3		1 ^o	Química industrial	Não
4		1 ^o	Química	Não
5		1 ^o	Engenharia Química	Não
6	UFF	2 ^o e 3 ^o	Engenharia Química	Não
7		Não há	Química industrial	N/D
8		Não há	Química - bacharel	N/D
9		Não há	Química - licenciatura	N/D
10	UFRRJ	1 ^o	Química - bacharelado	Não
11		4 ^o e 6 ^o	Engenharia Química	Sim
12		1 ^o	Química - licenciatura	Não
13	UERJ	Não há	Licenciatura em Química	N/D
14		Não há	Engenharia Química	N/D
15	IME	6 ^o	Engenharia Química	Sim
16	UENF	Não há	Licenciatura em Química	N/D
17	IFRJ	Não há	Química atrib. Tecnológicas	N/D
18		*	Química - licenciatura	*

Apesar da informação contida na tabela acima, é comum que os próprios estudantes busquem o aprendizado e desenvolvam habilidades mínimas com planilhas ou plataformas de programação, pois as dificuldades e necessidades no decorrer de disciplinas que envolvam cálculos repetitivos ou elaboração de gráficos, por exemplo, exigem a inserção na computação. Contudo, a ausência de obrigatoriedade nas ementas pode causar distorções no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que limita e desobriga a atuação docente e sua avaliação sobre absorção deste conteúdo, podendo causar desorientação educacional e formação de profissionais ora aptos, ora alheios a uso de planilhas e linguagens de programação, a depender da prática

docente adotada.

Entre os cursos que contém o conteúdo programático, a elevada proporção de 67% dos casos mostra que a disciplina é apresentada no primeiro período do curso, ou seja, sem qualquer vínculo com disciplinas mais rigorosas matematicamente ou àquelas que aplicam conceitos do ciclo profissional, o que pode desinteressar os estudantes.

Nos cursos de engenharia química da UFF e UFRRJ são observadas duas disciplinas de programação no currículo. No caso da UFF, não há contextualização do desenvolvimento de algoritmos ou programação à resolução de casos da engenharia, ainda que sejam oferecidas no segundo e terceiro períodos. Na UFRRJ, ambas as disciplinas contextualizam e oferecem conexão do desenvolvimento de algoritmos aos problemas enfrentados por profissionais formados, cita-se nas ementas “linguagem de programação aplicada à resolução de problemas da engenharia química”, “tratamento de dados utilizando recursos computacionais”, “problemas de engenharia química envolvendo sistemas de equações algébricas lineares”, “introdução à otimização de processos da engenharia química”, entre outros. As disciplinas são oferecidas no quarto e sexto períodos, concomitantemente a outras de caráter profissional, cuja análise e discussão dos resultados é importante nesta fase do currículo, ainda que as rotas matemáticas permaneçam relevantes, o tempo dedicado a análise crítica dos resultados agrega mais conhecimento. Portanto, esse cenário favorece positivamente o processo de ensino-aprendizagem no qual o estudante pode conhecer e aplicar ferramentas computacionais na solução de situações-problemas do cotidiano da profissão.

Caso semelhante ocorre no IME, cuja disciplina é inserida no contexto da análise do comportamento dinâmico de sistemas, no sexto período do curso. Na UFRJ, apenas no primeiro período do curso é apresentado o tema.

A exceção aos cursos de engenharia ocorre na

UERJ, onde não há explicitamente o ensino desta em seu currículo.

Os currículos de química bacharel apresentam ensino de linguagem de programação em 67% dos cursos avaliados, química licenciatura em apenas 17% e química tecnológica em 50%. Nesses casos, o ensino é deficiente na contextualização das linguagens de programação com o conteúdo de química ou processos químicos em que a utilizariam. Observação deve ser feita ao curso de licenciatura na UFRJ, no qual a disciplina de “Introdução a computação” presente desde 1993, foi excluída do currículo na revisão mais atual, datada de 2013.

Em nenhum currículo foi observada a menção explícita ao ensino de planilhas eletrônicas e VBA.

Avaliação da produção científica

De acordo com os termos buscados na base Scopus, obteve-se 32.352 periódicos relacionados entre os anos 2000 e 2016. O quantitativo de publicações é crescente no período pesquisado, como mostra a Figura 1, e pode estar diretamente relacionado a maior aplicação de ferramentas computacionais e planilhas eletrônicas à situações-problemas na química e engenharia química, como otimização de processos, simulações e aumento de eficiência, além do maior oferecimento de programas comerciais com interface amigável.

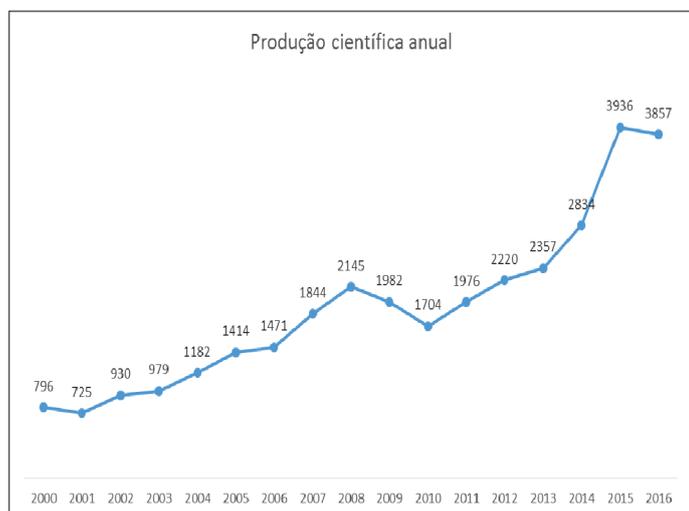


Figura 1. Histórico de publicações, segundo a base Scopus

Sobre os dados mostrados na Figura 1 o tipo de publicação mais comum é sob a forma de artigo científico (77%) e documentos de congressos (18%). Esses dados permitem avaliar que os termos são associados, em sua maioria, a inovações tecnológicas seja em tecnologia da educação, como ferramentas educativas, ou em processos e laboratórios. Nesta pesquisa, 14.329 periódicos relacionam-se as áreas de conhecimento da química e 7.132 à engenharia química, mostrando a adequação da pesquisa e os termos buscados, além da importância dada a aplicação das linguagens de programação no ramo da química e engenharia e sua contribuição sobre metodologias inovadoras.

Quanto ao país de origem relacionado as publicações, observa-se na Figura 2 a expressiva contribuição dos Estados Unidos e países desenvolvidos, além de China e Índia, enquanto o Brasil ocupa a 22ª colocação com 451 periódicos. A maior participação destes países pode estar associada a valorização do ensino de computação nas IES e, conseqüentemente, melhor preparo dos estudantes a desenvolver suas aptidões na programação e contribuir academicamente com inovações tecnológicas significativas.

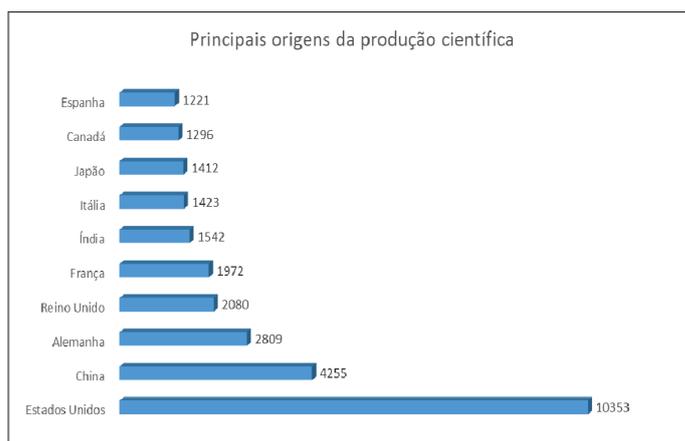


Figura 2. Países com maior número de publicações, segundo a base Scopus

Entre as IES dos Estados Unidos, destacam-se em ordem decrescente de produção científica: *Massachusetts Institute of Technology, Carnegie Mellon University, Northwestern University, Texas A&M University, UC Berkeley, Georgia Institute of*

Technology e *University of Wisconsin Madison*, todas com mais de 200 periódicos e entre as quinze maiores produtoras identificadas, o que representa 47%.

Pesquisa de currículo das principais instituições

Nas IES *Massachusetts Institute of Technology*, *Carnegie Mellon University* e *Northwestern University* as linguagens de programação, desenvolvimento de algoritmos ou utilização de planilhas eletrônicas são abordados em todos os cursos de química e engenharia. As disciplinas que remetem a esses tópicos têm como foco desenvolver solução de situações-problemas em plataformas computacionais, seja pelo desenvolvimento de algoritmos ou pela utilização de programas comerciais, ou seja, 100% dos cursos são cobertos por ementas que obrigam e orientam o ensino e avaliam o desempenho estudantil. Destaca-se o *Massachusetts Institute of Technology* onde o ensino de programação é explicitado nas quatro disciplinas cujos conteúdos são diretamente relacionados aos conceitos aplicados pelos profissionais no cotidiano da indústria química. Enquanto o *Carnegie Mellon University* apresenta o maior número de disciplinas com ensino de programação (seis ao todo) distribuídas desde o primeiro ano até o quinto ano do currículo, 33% destas disciplinas são integradas às disciplinas profissionais e o conteúdo é contextualizado, e 67% restante é abordado inicialmente no curso sem qualquer vínculo e apresentam as diversas ferramentas possíveis de utilização na solução de problemas matemáticos.

Além destas IES, a *Texas A&M University* figura como a quarta maior participante relacionada as publicações, cujo curso de engenharia química abordada cinco disciplinas relacionadas explicitamente as linguagens de programação, familiarização com planilhas ou plataformas comerciais, sendo duas disciplinas sugeridas no

quinto período, outras duas no sétimo e mais uma no oitavo e último período. São disciplinas em que as ementas possuem tópicos de familiarização com planilhas eletrônicas e programas comerciais, como ASPEN Plus®, ProMax®, Hysys®, PRO II®, ICARUS®, VISIO® e AUTOCAD®, implementação de ferramentas computacionais na execução de simulações e controle de processos, fluidodinâmica computacional e desenvolvimento de algoritmos aplicados a situações-problemas da engenharia. A forma como são distribuídas ao longo do curso, possibilita expor por abordagens diferentes como as ferramentas computacionais facilitam e se aplicam no cotidiano da profissão, no qual respostas mais precisas e rápidas são necessárias.

Do ponto de vista dos cursos de química, identificou-se as IES *Purdue University* e *North Carolina State University* como maiores participantes, cujos cursos equivalentes a licenciatura em química (*Science Education - Chemistry Concentration*) disponibilizam três disciplinas com conteúdos relacionados a programação e educação. Em comum, esses cursos tem a disciplina de materiais de instrução a ciência, em que é abordado o uso de computação no ensino de química e na educação tecnológica, conseqüentemente, estimulando os estudantes a desenvolverem materiais inovadores para o ensino, como jogos didáticos, que, por sua vez, estimulam alunos do ensino médio a conhecerem computação aplicada as ciências.

As demais disciplinas estão inseridas em estatística, fundamental para o profissional atuante em laboratórios, e mecânica moderna, leis dos gases, interações atômicas, termodinâmica e cálculo Newtoniano cujo resultado prático é expresso na forma gráfica pela ferramenta computacional. Embora desconexas do conteúdo químico como um todo, há outras disciplinas dedicadas a transmitir a importância da comunicação escrita e verbal das pesquisas e inovações tecnológicas desenvolvidas, com ênfase na relação entre pesquisa científica e

formulação de problemas, interpretação de resultados e apoio a aceitação de pesquisas.

De maneira sintética, pode-se observar que na grande maioria das IES pesquisadas o ensino de programação está presente de maneira contextualizada nos cursos de química e engenharia, seja vinculada as disciplinas que as empregam diretamente ou como disciplina isolada mas funcionalizada como meio de obter conhecimento prévio para posterior aplicação, pois as rotas matemáticas sugeridas nas ementas são de maior complexidade e assim os estudantes podem entender como serão necessárias no decorrer da graduação.

A maior participação na produção científica também pode estar associada ao conjunto de disciplinas que estimulam a escrita, pesquisa e pensamento crítico e sua respectiva disposição no currículo.

Portanto, nas instituições onde ocorre a valorização do ensino de programação há maior capacidade de produzir inovações em química e engenharia no contexto interdisciplinar que inclui a computação como meio para a transformação.

Como observado nas IES estrangeiras, o ensino contextualizado da programação é empregado com maior ênfase em comparação ao Brasil. A exemplo do que ocorre no *Massachusetts Institute of Technology*, utilizar plataformas indicadas pelos profissionais da área no desenvolvimento de algoritmos permite estimular e integrar os alunos as ferramentas e situações problemas mais comuns.

Proposta educacional

Como mencionado, o *Excel*® e a linguagem *VBA* são ferramentas comuns na rotina de engenheiros recém admitidos por empresas, portanto, preparar os estudantes e vincular seu ensino a situações-problemas da engenharia torna possível suprir parcialmente a deficiência do currículo em novas tecnologias ao mesmo tempo que torna os

temas modernos e interdisciplinares e ampliam a capacidade de percepção, atenção, memória e trabalho em equipe dos estudantes. O desenvolvimento de algoritmos em *VBA* é relativamente simples e pode estar associado a várias disciplinas, de maneira a apresentar aos principais conceitos de programação e ferramentas analíticas do *Excel*®.

A proposta desenvolvida pelos autores inclui subprogramação e estruturas de controle como laços (*for* e *do while*), desvios condicionais com *if*, álgebra em computação e formas de reportar os resultados em gráficos.

Com propósito de aplicar essa proposta sobre os cursos de química e engenharia, é preciso definir tema comum à ambas formações, em que cálculos repetitivos e visualização gráfica dos resultados são necessários, nessa proposta a determinação de propriedades termodinâmicas no equilíbrio líquido-vapor foi escolhida por permitir empregar as principais lógicas, funções matemáticas e algoritmos previamente conhecidos. A rotina desenvolvida em *VBA* pode ser utilizada como exemplo em sala de aula, onde deve ser compreendida e incrementada pelos alunos. A partir dessa introdução, é esperado que o aluno conheça as principais aplicações e funções de planilhas eletrônicas e permita a maior percepção sobre o potencial das ferramentas computacionais. Abaixo, segue o diagrama simplificado do algoritmo proposto:

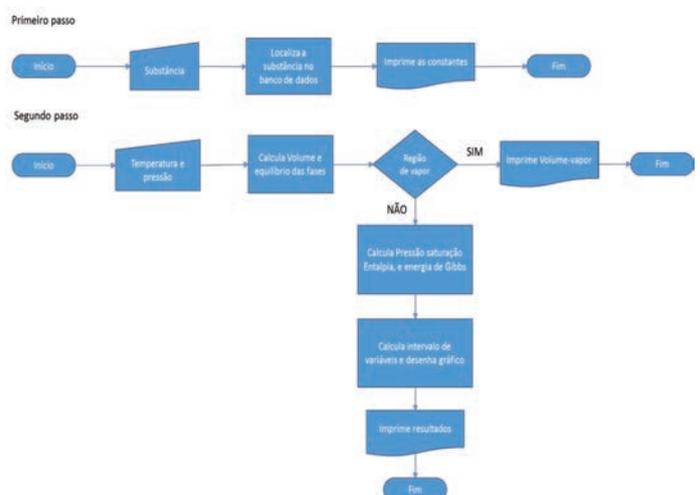


Figura 3. Diagrama básico do algoritmo proposto.

Em sala de aula, deve-se propor modificações desta rotina pelo aluno através da inclusão de misturas binárias, outras funções de estado além do Peng-Robinson ou até inclusão de equilíbrio de fases líquido-líquido, enfim, há inúmeras possibilidades a serem exploradas. O código em VBA foi escrito pelos autores e pode ser visualizado no Anexo I.

Considerações adicionais

A necessidade de ensinar VBA e Excel® pode ser observada pela elevada procura e oferta de cursos e treinamentos oferecidos por instituições privadas no Rio de Janeiro, em que seu conteúdo programático é destinado aos profissionais da área de química e engenharia. O investimento praticado pelas empresas privadas varia entre R\$ 20,00 e R\$ 134,17 por hora, com carga horária de 15 e 24 horas, respectivamente, conforme orçamento disponível no endereço eletrônico das empresas.

Como mostrou a pesquisa, os cursos do Rio de Janeiro apresentam baixa inserção de conteúdos computacionais e, quando presentes, estão em sua maioria descontextualizados da temática foco do curso, sem agregar valor as ciências químicas e engenharia. Pôde-se observar a defasagem de produção científica entre o Brasil e os países desenvolvidos, China e Índia, cujas principais instituições de ensino concretizaram em seus currículos o ensino apropriado de linguagens de programação.

Portanto, mesmo após trinta anos da transformação na indústria química causada pelo avanço da computação, é preciso atualizar os currículos dos cursos de química e engenharia das instituições de ensino tornando possível alcançar o desenvolvimento tecnológico pleno, possível exclusivamente através da qualificação e estímulo aos estudantes em desenvolver habilidades críticas. Nessa mudança, será preciso adaptar o ensino de computação ao objetivo do curso, vinculando a utilização de plataformas para desenvolvimento de

algoritmos, como VBA e planilhas às disciplinas que exigem muito tempo em etapas que pouco agregam conhecimento, como cálculo iterativos ou repetitivos e longos, demonstrando a importância dessa ferramenta, como também seu potencial na superação de barreiras tecnológicas.

A priorização da computação é fundamentalmente necessária, mas revisões periódicas baseadas na identificação de necessidades profissionais e da sociedade serão igualmente relevantes.

CONCLUSÃO

Foi possível identificar poucas instituições públicas de ensino superior no estado do Rio de Janeiro que inserem e contextualizam a computação no currículo dos cursos de química e engenharia, sendo possível identificar em apenas dois cursos entre os dezoito pesquisados alguma abordagem agregadora, embora ainda deficiente.

A produção científica do tema química e computação é crescente, embora observada a deficiente contribuição brasileira em comparação aos países desenvolvidos, China e Índia. As maiores responsáveis por publicar sobre o tema são instituições dos Estados Unidos, cujos currículos contêm a abordagem sistêmica e contextualizada de computação, tanto no início do curso como também vinculada ao conteúdo profissional. As abordagens estão incluídas nos cursos de engenharia e química (bacharelado e licenciatura), onde observaram-se ementas de desenvolvimento de material educacional para o ensino médio utilizando a computação, enquanto na engenharia observou-se até sete disciplinas que incluem a obrigatoriedade do ensino.

Portanto, as instituições do Rio de Janeiro para alcançar o desenvolvimento tecnológico e produzir conhecimento científico em consonância com as necessidades do mercado e sociedade, precisam revisar os currículos de seus cursos e inserir de

acordo com a proposta de ensino a utilização de computação em diferentes ementas das disciplinas, sejam no ciclo básico ou profissional, de maneira contextualizada e sistemática. Como observado, recomenda-se prioritariamente implementar disciplinas no quinto e sexto períodos que abordem concomitantemente o desenvolvimento de rotinas de programação e resolução de questões problemas comuns do curso, como termodinâmica, mecânica dos fluidos, balanço de massa e energia.

O programa Microsoft Excel® foi apresentado na proposta educacional para desenvolvimento em sala de aula, em que os alunos podem compreender como funcionam plataformas de desenvolvimento de algoritmos e como aplicá-los na resolução de temas relevantes da química e engenharia. Na proposta, a determinação de propriedades termodinâmicas é calculada através de algoritmos simples e implementados em VBA e novas funcionalidades devem ser solicitadas aos alunos, estimulando-os a promover melhorias e adaptações na obtenção de outras propriedades.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. M. DE; PARK, S. W. Big Data Analytics em Engenharia Química. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, v. 33, p. 15–19, 2017.
- ANDRADE, J. B. DE et al. A Formação Do Químico. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 258–362, 2004.
- BEQUETTE, W. Nonlinear Control of Chemical Processes : A Review. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 30, n. 1991, p. 1391–1413, 1991.
- COLEMAN, W. F. Teaching Kinetics Using Excel. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 9, p. 1005739, 2010.
- CORONELL, D. G. Computer science or spreadsheet engineering? An excel/VBA-based programming and problem solving course. **Chemical engineering education**, v. 39, p. 142–145, 2005.
- CRESS, N. L. et al. Problem-solving and concept integration using a computational tool in first-year undergraduate chemical engineering. **Education for Chemical Engineers**, v. 7, n. 3, p. e133–e138, 2012.
- EDGAR, T. **Computing Through the Curriculum : An Integrated Approach for Chemical Engineering**. Disponível em : <[http://www.tf.uns.ac.rs/~omorr/radovan_omorjan_003/Edgar-computing through.html](http://www.tf.uns.ac.rs/~omorr/radovan_omorjan_003/Edgar-computing%20through.html)>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- GABRIELAB. DENARI, THALITAR. SACILOTO, É. T. G. C. Avaliação do uso de planilhas computacionais como uma ferramenta didática em química analítica qualitativa. **Química Nova**, v. 39, n. 3, p. 371–375, 2016.
- GE, Y. et al. Using a spreadsheet to solve the Schrodinger equations for the energies of the ground electronic state and the two lowest excited states of H₂. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 6, p. 853–859, 2014.
- GERBER, D. J.; KHASHE, S.; SMITH, I. F. C. Surveying the Evolution of Computing in Architecture, Engineering, and Construction Education since 2012. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 30, n. 6, 2016.
- HU, H. H.; SHEPHERD, T. D.; COLLEGE, W. Using POGIL to Help Students Learn to Program. **ACM Transactions on Computing education**, v. 13, n. 3, p. 13:1-13:23, 2013.
- JAREK, F. et al. Revisão da Literatura sobre a Regulamentação para Produtos Nanoestruturados na Indústria Alimentícia , Cosmética e Farmacêutica. **Revista de Química Industrial**, v. 2 Trimestr, p. 19–22, 2013.
- KASSIM, H. O.; CADBURY, R. G. The Place of the Computer in Chemical Engineering Education. **Computers and Chemical Engineering**, v. 20, n. 96, p. 1341–1346, 1996.
- KOORSSE, M.; CILLIERS, C.; CALITZ, A. Programming assistance tools to support the learning of IT programming in South African secondary schools. **Computers & Education**, v. 82, n. January, p. 162–178, 2015.

MACHADO, A. S. Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. **Química e Sociedade**, v. 38, p. 104–111, 2016.

NIECE, B. K. A spreadsheet to facilitate group theory calculations and display of character tables. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 12, p. 1604–1605, 2012.

ÖHRSTRÖM, L. et al. The Pedagogical Implications of Using MATLAB in Integrated Chemistry and Mathematics Courses. **International Journal of Engineering Education**, v. 21, n. 4, p. 683–691, 2005.

OLIVEIRA, A. F. et al. Titger - Uma planilha eletrônica para simulação de titulação de mistura de compostos polipróticos. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 224–228, 2007.

PINHEIRO, A. N.; MEDEIROS, E. DE L.; OLIVEIRA, A. C. Estudos de casos na formação de professores de química. **Química Nova**, v. 33, n. 9, 2010.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731–739, 2007.

SILVA, A. M. DA. Proposta para Tornar o Ensino de Química mais Atraente. **Revista de Química**

Industrial, p. 7–12, 2011.

SILVA, O. B. DA; OLIVEIRA, J. R. S. DE; QUEIROZ, S. L. SOS Mogi-Guaçu: Contribuições de um Estudo de Caso para a Educação Química no Nível Médio. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 3, 2011.

SINEX, S. A.; CHAMBERS, T. L. Developing Online Collaboration Skills in the General Chemistry Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 9, p. 1244–1246, 2013.

STAMMITTI, A. Spreadsheets for assisting Transport Phenomena Laboratory experiences. **Education for Chemical Engineers**, v. 8, n. 2, p. e58–e71, 2013.

WALKOWIAK, M.; NEHRING, A. Using ChemDuino, Excel, and PowerPoint as Tools for Real-Time Measurement Representation in Class. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 4, p. 778–780, 2016.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. DE B. Os Níveis De Representação No Ensino De Química E As Categorias Da Semiótica De Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 275–290, 2011.

WONG, K. W. W.; BARFORD, J. P. Teaching Excel VBA as a problem solving tool for chemical engineering core courses. **Education for Chemical Engineers**, v. 5, n. 4, p. e72–e77, 2010.

Anexo I

Public Subs, R, T, P, Tc, Pc, Z, Sgm, Eps, W, K, a, b, V, Vn, alfa, beta, gama, tol, Dif, Hd1, Hd2, Sd1, Sd2, Gd1, Gd2, Fi1, Fi2, Vx1, Vx2, delta, maior, menor, Zvap, Zliq, PR, BzAs Double
Public RecalAs Boolean
Public Ant, Bnt, Cnt, Psat, expoenteAs Double

Sub Calcular()

Dim Linha

'---

Application.ScreenUpdating = False

Sheets("ELV").Range("B12:B27").ClearContents "limpando resultados anteriores

Sheets("ELV").Range("B33").ClearContents "limpando resultados anteriores

Sheets("ELV").Range("B34").ClearContents

Sheets("ELV").Range("A37:I1048554").ClearContents

Sheets("ELV").Range("B8").ClearContents "Pc

Sheets("ELV").Range("B9").ClearContents "Tc

Sheets("ELV").Range("B10").ClearContents "w

"---localiza propriedades da substancia

For Linha = 2 To 91

If Sheets("ELV").Range("B5") = Sheets("Tabela").Cells(Linha, 1) Then

Sheets("ELV").Range("B8").Value = Sheets("Tabela").Cells(Linha, 3).Value "Pc

Sheets("ELV").Range("B9").Value = Sheets("Tabela").Cells(Linha, 4).Value "Tc

Sheets("ELV").Range("B10").Value = Sheets("Tabela").Cells(Linha, 2).Value "w

Sheets("ELV").Range("B29").Value = Sheets("Tabela").Cells(Linha, 5).Value "Ant-Antoine

Sheets("ELV").Range("B30").Value = Sheets("Tabela").Cells(Linha, 6).Value "Bnt-Antoine

Sheets("ELV").Range("B31").Value = Sheets("Tabela").Cells(Linha, 7).Value "Cnt-Antoine

End If

Next Linha

"---verifica preenchimento de todas variaveis

If Sheets("ELV").Cells(6, 2) = "" Or Sheets("ELV").Cells(7, 2) = ""

Or Sheets("ELV").Cells(8, 2) = "" Or Sheets("ELV").Cells(9, 2) = ""

Or Sheets("ELV").Cells(10, 2) = "" Then

MsgBox "Escolha as variáveis T, P, Tc, Pc e fator acêntrico corretamente!"

Exit Sub

End If

"---

"deleta todos os gráficos

On Error Resume Next

ActiveSheet.ChartObjects.Delete

On Error GoTo 0

"----- Entrada de dados

R = 83.144621 * 0.000001 "m3*bar/(K.mol)

P = Sheets("ELV").Cells(6, 2) "bar

T = Sheets("ELV").Cells(7, 2) "Kelvin

Pc = Sheets("ELV").Cells(8, 2) "bar

Tc = Sheets("ELV").Cells(9, 2) "Kelvin

W = Sheets("ELV").Cells(10, 2) "fator acentrico

Recal = False "variável que impede de reescrever volumes de gas e liq com delta<0

Call Calculos

"--- SAÍDA DE DADOS

Sheets("ELV").Cells(13, 2) = 1000000 * menor "correspondente ao volume molar do componente na fase líquida

Sheets("ELV").Cells(12, 2) = 1000000 * maior "correspondente ao volume molar do componente na fase vapor

Sheets("ELV").Cells(16, 2) = Zliq "Z(liq.)

Sheets("ELV").Cells(15, 2) = Zvap "Z(vap.)

```
Sheets("ELV").Cells(25, 2) = Gd1 "Energia de Gibbs(líqu.)  
Sheets("ELV").Cells(24, 2) = Gd2 "Energia de Gibbs(vap.)
```

```
Sheets("ELV").Cells(19, 2) = Hd1 "Entalpia(líqu.)  
Sheets("ELV").Cells(18, 2) = Hd2 "Entalpia(vap.)
```

```
Sheets("ELV").Cells(22, 2) = Sd1 "entropia(líqu.)  
Sheets("ELV").Cells(21, 2) = Sd2 "entropia(vap.)
```

```
If Gd1 > Gd2 Then  
  Sheets("ELV").Cells(26, 2) = "A fase vapor é mais estável"  
Elseif Gd1 < Gd2 Then  
  Sheets("ELV").Cells(26, 2) = "A fase líquida é mais estável"  
End If
```

```
Sheets("ELV").Cells(33, 2) = Psat
```

```
Sheets("ELV").Cells(34, 2) = "Calculado pela eq. Antoine"  
Sheets("ELV").Cells(34, 2).Font.Bold = True
```

```
Sheets("ELV").Cells(27, 2) = "Resolução via Peng-Robinson"  
Sheets("ELV").Cells(27, 2).Font.Bold = True  
"-----"
```

```
"--- calcula todos os T-P, V, Psat (antoine e EdE) e deltaH por P-R  
Recal = True  
If delta > 0 Or delta = 0 Then Call atualizaGRAF
```

```
"---
```

```
Sheets("ELV").Columns.AutoFit  
Sheets("ELV").Rows("1").RowHeight = 95
```

```
End Sub
```

```
"=====  
"=====  
"=====
```

```
Private Sub Calculos()
```

```
"===== EQUAÇÕES DE ESTADO CÚBICAS =====
```

```
"----- Peng-Robinson  
Sgm = 1 + (2 ^ 0.5) "sigma  
Eps = 1 - (2 ^ 0.5) "epsilon
```

```
K = 0.37464 + 1.54226 * W - 0.26992 * (W ^ 2)  
a = 0.45724 * ((R ^ 2 * Tc ^ 2) / Pc) * ((1 + K * (1 - (T / Tc) ^ 0.5)) ^ 2)  
b = 0.0778 * R * Tc / Pc
```

```
alfa = (Sgm + Eps - 1) * b - (R * T / P)  
beta = (Sgm * Eps * (b ^ 2)) - (R * T / P + b) * (Sgm + Eps) * b + (a / P)  
gama = -1 * (R * T / P + b) * Sgm * Eps * (b ^ 2) - (b * a / P)
```

```
PR = (1 + K * (1 - (T / Tc) ^ 0.5)) ^ 2 "coeficiente para peng-robinson  
Bz = 0.0778 * P / Pc * Tc / T "coeficiente para peng-robinson  
q = 0.45724 * PR / (0.07778 * T / Tc) "coeficiente para peng-robinson
```

```
"--- Método iterativo de Newton-Raphson  
tol = 0.00001  
V = R * T / P "chute inicial  
fnr = (V ^ 3) + alfa * (V ^ 2) + beta * V + gama "função  
fnrd = 3 * (V ^ 2) + (alfa * 2 * V) + beta "derivada da função  
Vn = V - (fnr / fnrd)  
Dif = Abs(Vn - V)  
Difx = Application.Max(Dif)
```

```

CONT = 0
While Difx > tol

fnr = (V ^ 3) + alfa * (V ^ 2) + beta * V + gama "função
fnrd = 3 * (V ^ 2) + alfa * 2 * V + beta "derivada da função
Vn = V - (fnr / fnrd)
Dif = Abs(Vn - V)
Difx = Application.Max(Dif)

V = Vn

CONT = CONT + 1
If CONT >= 50 Then
MsgBox "Número de iterações excedido", vbAbortRetryIgnore + vbOKOnly, "Iterações!"
Exit Sub
End If
Wend

"--- Achado o 'V', calcula outras raízes por Baskara
"--- Equação de 2o grau: Vx ^ 2 + (alfa + V) * Vx + beta + V * (alfa + V)

delta = (alfa + V) ^ 2 - 4 * (beta + V * (alfa + V))

If delta > 0 Then "região de equilíbrio líquido-vapor
Vx1 = (- (alfa + V) - (delta) ^ 0.5) / 2
Vx2 = (- (alfa + V) + (delta) ^ 0.5) / 2

ElseIf delta = 0 Then "região de líquido
Vx1 = (- (alfa + V)) / 2
Vx2 = Vx1

ElseIf delta < 0 And Recal = False Then "região de vapor
Sheets("ELV").Cells(13, 2) = "Não há fase líquida"
Sheets("ELV").Cells(12, 2) = Format(V * 1000000, "0.00") "correspondente ao volume molar do componente na fase
vapor
GoTo semEQUILIBRIO
End If

maior = Application.Max(Vx1, Vx2, V)
menor = Application.Min(Vx1, Vx2, V)

On Error Resume Next

"--- CÁLCULO DE Z
Zvap = maior * P / R / T
Zliq = menor * P / R / T

"--- Entalpia de desvio
If delta > 0 Or delta = 0 Then
"Fi1 = (1 / (Eps - Sgm) * b) * (Log((menor + Eps * b) / (menor + Sgm * b))) / Log(2.71828182845905)
"Hd1 = P * menor - R * T + (T * a - a) * Fi1
Fi1 = (1 / (Sgm - Eps)) * (Log((Zliq + Bz * Sgm) / (Zliq + Bz * Eps)))
Hd1 = (Zliq - 1 - 1.5 * q * Fi1) * R * 100000 * T

"Fi2 = (1 / (Eps - Sgm) * b) * (Log((maior + Eps * b) / (maior + Sgm * b))) / Log(2.71828182845905)
"Hd2 = P * maior - R * T + (T * a - a) * Fi2
Fi2 = (1 / (Sgm - Eps)) * (Log((Zvap + Bz * Sgm) / (Zvap + Bz * Eps)))
Hd2 = (Zvap - 1 - 1.5 * q * Fi2) * R * 100000 * T
End If

"--- Entropia de desvio
If delta > 0 Or delta = 0 Then
"Sd1 = R * (Log(P * (menor - b) / (R * T))) / (Log(2.71828182845905)) + a * Fi1
"Sd2 = R * (Log(P * (maior - b) / (R * T))) / (Log(2.71828182845905)) + a * Fi2
Sd1 = (Log(Zliq - Bz) - 0.5 * q * Fi1) * R * 100000
Sd2 = (Log(Zvap - Bz) - 0.5 * q * Fi2) * R * 100000

```

```

End If

"--- Gibbs de desvio
If delta > 0 Or delta = 0 Then
Gd1 = Hd1 - T * Sd1
Gd2 = Hd2 - T * Sd2
End If

On Error GoTo 0

"
"_____ Antoine
"
"_____

Ant = Sheets("ELV").Range("B29").Value "Ant-Antoine
Bnt = Sheets("ELV").Range("B30").Value "Bnt-Antoine
Cnt = Sheets("ELV").Range("B31").Value "Cnt-Antoine

expoente = Ant - Bnt / (T + Cnt)
Psat = (2.71828182845905) ^ expoente

Exit Sub

"
"_____

semEQUILIBRIO:

MsgBox "Não há equilíbrio entre as fases nestas condições", vbExclamation, "Delta <0: Região de vapor"
On Error Resume Next
"
"_____ Antoine
"
"_____

Ant = Sheets("ELV").Range("B29").Value "Ant-Antoine
Bnt = Sheets("ELV").Range("B30").Value "Bnt-Antoine
Cnt = Sheets("ELV").Range("B31").Value "Cnt-Antoine

expoente = Ant - Bnt / (T + Cnt)
Psat = (2.71828182845905) ^ expoente

End Sub

"=====
"=====
"=====

Private Sub atualizaGRAF()
Dim deltaG, T0, PsatPR
Dim ITE, UltLin As Integer
Dim novodeltaG As Double
"---

T0 = Bnt / (Ant - Log(0.1)) - Cnt "Temperatura em que Psat=0.1
T0 = Format(T0, "0")
linhaEscreve = 36

T = T0 + 20
P = ((2.71828182845905) ^ (Ant - Bnt / (T + Cnt))) - 0.01
For T = T0 + 20 To Format(Tc, "0") - 20
ITE = 0

Call Calculos
deltaG = Abs(Gd2 - Gd1)

"P = ((2.71828182845905) ^ (Ant - Bnt / (T + Cnt))) "chute inicial qnd muda T

While deltaG > 0.1

```

```

If T - T0 <= 65 Then
  If deltaG > 10 Then P = P + 0.0001
  If deltaG <= 10 And deltaG > 1 Then P = P + 0.00001
  If deltaG <= 1 Then P = P + 0.000001

  Elself T - T0 > 65 And T - T0 <= 100 Then
    If deltaG > 50 Then P = P + 0.0001
    If deltaG <= 50 And deltaG > 1 Then P = P + 0.0001
    If deltaG <= 1 Then P = P + 0.00001

    Elself T - T0 > 100 Then
      If deltaG > 50 Then P = P + 0.01
      If deltaG <= 50 And deltaG > 1 Then P = P + 0.001
      If deltaG <= 1 Then P = P + 0.0001
End If

```

Call Calculos

```

novodeltaG = Abs(Gd2 - Gd1) "regressando
If novodeltaG > deltaG Then

  If T - T0 <= 65 Then
    If novodeltaG > 10 Then P = P - 0.0005
    If novodeltaG <= 10 And novodeltaG > 1 Then P = P - 0.00005
    If novodeltaG <= 1 Then P = P - 0.000005

    Elself T - T0 > 65 And T - T0 <= 100 Then
      If novodeltaG > 50 Then P = P - 0.0005
      If novodeltaG <= 50 And novodeltaG > 1 Then P = P - 0.0005
      If novodeltaG <= 1 Then P = P - 0.00005

      Elself T - T0 > 100 Then
        If novodeltaG > 50 Then P = P - 0.05
        If novodeltaG <= 50 And novodeltaG > 1 Then P = P - 0.005
        If novodeltaG <= 1 Then P = P - 0.0005
    End If
  End If

```

End If

deltaG = Abs(Gd2 - Gd1)

```

ITE = ITE + 1
  If ITE > 5000 Then
    MsgBox "LIMITE DE 5.000 ITERAÇÕES SUPERADO", vbCritical, "ERRO"
    Exit Sub
  End If
Wend

```

```

PsatPR = P
linhaEscreve = linhaEscreve + 1

```

```

Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 1) = T
Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 2) = 1 / T
Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 3) = Psat "antoine
Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 4) = Log(Psat) "antoine
Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 5) = PsatPR "peng-robinson
Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 6) = Log(PsatPR) "peng-robinson
Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 7) = Hd2 - Hd1 "entalpia de vaporização
Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 8) = maior
Sheets("ELV").Cells(linhaEscreve, 9) = menor

```

Next T

Call grafOBJETOS

End Sub

```
"=====
"=====
"=====
```

Private Sub grafOBJETOS()

```
Dim myChtObj
Dim LIMeSC As Double
Dim nColumns As Long
Dim UltLin As Integer
"---
```

On Error Resume Next

```
Application.ScreenUpdating = False
UltLin = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
```

```
"deleta todos os gráficos
ActiveSheet.ChartObjects.Delete
```

```
"-----
```

```
"gráfico 1: temperatura e entalpia
Set myChtObj = ActiveSheet.ChartObjects.Add(Left:=350, Width:=250, Top:=75, Height:=225)
myChtObj.Chart.ChartType = xlXYScatter
```

```
With myChtObj.Chart.SeriesCollection.NewSeries
.Name = ActiveSheet.Range("G36")
.Values = ActiveSheet.Range("G37:G" & UltLin)
.XValues = ActiveSheet.Range("A37:A" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).TickLabels.NumberFormat = "0"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabels.NumberFormat = "#.##0"
End With
```

```
myChtObj.Chart.ApplyLayout (4)
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(1).DataLabels.Delete
myChtObj.Chart.HasTitle = True
myChtObj.Chart.ChartTitle.Text = ActiveSheet.Range("B5")
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).HasTitle = True
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).AxisTitle.Text = "Temperatura (K)"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).HasTitle = True
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).AxisTitle.Text = "Entalpia de vaporização (J/mol)"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).HasMajorGridlines = False
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(1).MarkerSize = 2
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).MinimumScale = ActiveSheet.Range("A37")
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).MaximumScale = ActiveSheet.Range("A" & UltLin)
```

```
"gráfico 2: PSAT (P-R) e VOLUME MLOAR LIQ E VAP
Set myChtObj = ActiveSheet.ChartObjects.Add(Left:=600, Width:=250, Top:=75, Height:=225)
myChtObj.Chart.ChartType = xlXYScatter
```

```
With myChtObj.Chart.SeriesCollection.NewSeries "vapor
.Name = ActiveSheet.Range("H36")
.Values = ActiveSheet.Range("H37:H" & UltLin)
.XValues = ActiveSheet.Range("E37:E" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).TickLabels.NumberFormat = "0,00E+00"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabels.NumberFormat = "#.##0"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabelSpacing = 10
End With
```

```
With myChtObj.Chart.SeriesCollection.NewSeries "liquido
.Name = ActiveSheet.Range("I36")
.Values = ActiveSheet.Range("I37:I" & UltLin)
.XValues = ActiveSheet.Range("E37:E" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).TickLabels.NumberFormat = "0,00E+00"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabels.NumberFormat = "#.##0"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabelSpacing = 10
End With
```

```

myChtObj.Chart.ApplyLayout (4)
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(1).DataLabels.Delete
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(2).DataLabels.Delete
myChtObj.Chart.HasTitle = True
myChtObj.Chart.ChartTitle.Text = ActiveSheet.Range("B5")
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).HasTitle = True
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).AxisTitle.Text = "Psat (bar)"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).HasTitle = True
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).AxisTitle.Text = "Volume molar (m3/mol)"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).HasMajorGridlines = False
LIMeSC = ActiveSheet.Range("H" & UltLin).Value * 10
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MaximumScale = LIMeSC
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(1).MarkerSize = 2
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(2).MarkerSize = 2
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).MinimumScale = ActiveSheet.Range("E37")
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).MaximumScale = ActiveSheet.Range("E" & UltLin)

```

"gráfico 3: 1/T e ln(Psat)

```

Set myChtObj = ActiveSheet.ChartObjects.Add(Left:=350, Width:=250, Top:=300, Height:=225)
myChtObj.Chart.ChartType = xlXYScatter

```

```

With myChtObj.Chart.SeriesCollection.NewSeries
.Name = ActiveSheet.Range("C35")
.Values = ActiveSheet.Range("D37:D" & UltLin)
.XValues = ActiveSheet.Range("B37:B" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).TickLabels.NumberFormat = "0,00E+00"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabels.NumberFormat = "0,00E+00"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MaximumScale = ActiveSheet.Range("D" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MinimumScale = ActiveSheet.Range("D37")
End With

```

```

With myChtObj.Chart.SeriesCollection.NewSeries
.Name = ActiveSheet.Range("E35")
.Values = ActiveSheet.Range("F37:F" & UltLin)
.XValues = ActiveSheet.Range("B37:B" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).TickLabels.NumberFormat = "0,00E+00"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabels.NumberFormat = "0,00E+00"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MaximumScale = ActiveSheet.Range("F" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MinimumScale = ActiveSheet.Range("F37")
End With

```

```

myChtObj.Chart.ApplyLayout (4)
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(1).DataLabels.Delete
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(2).DataLabels.Delete
myChtObj.Chart.HasTitle = True
myChtObj.Chart.ChartTitle.Text = ActiveSheet.Range("B5")
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).HasTitle = True
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).AxisTitle.Text = "1/Temperatura (K)"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).HasTitle = True
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).AxisTitle.Text = "Ln(Psat[bar])"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).HasMajorGridlines = False
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(1).MarkerSize = 2
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(2).MarkerSize = 2
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).MaximumScale = ActiveSheet.Range("B37")
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).MinimumScale = ActiveSheet.Range("B" & UltLin)

```

"gráfico 4: T e Psat

```

Set myChtObj = ActiveSheet.ChartObjects.Add(Left:=600, Width:=250, Top:=300, Height:=225)
myChtObj.Chart.ChartType = xlXYScatter

```

```

With myChtObj.Chart.SeriesCollection.NewSeries "ANTOINE
.Name = ActiveSheet.Range("C35")
.Values = ActiveSheet.Range("C37:C" & UltLin)
.XValues = ActiveSheet.Range("A37:A" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).TickLabels.NumberFormat = "#.##0"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabels.NumberFormat = "#.##0"

```

```
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MaximumScale = ActiveSheet.Range("C" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MinimumScale = ActiveSheet.Range("C37")
End With
```

```
With myChtObj.Chart.SeriesCollection.NewSeries "PENG-ROBINSON"
.Name = ActiveSheet.Range("E35")
.Values = ActiveSheet.Range("E37:E" & UltLin)
.XValues = ActiveSheet.Range("A37:A" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).TickLabels.NumberFormat = "#.##0"
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).TickLabels.NumberFormat = "#.##0"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MaximumScale = ActiveSheet.Range("E" & UltLin)
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).MinimumScale = ActiveSheet.Range("E37")
End With
```

```
myChtObj.Chart.ApplyLayout (4)
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(1).DataLabels.Delete
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(2).DataLabels.Delete
myChtObj.Chart.HasTitle = True
myChtObj.Chart.ChartTitle.Text = ActiveSheet.Range("B5")
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).HasTitle = True
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).AxisTitle.Text = "Temperatura (K)"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).HasTitle = True
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).AxisTitle.Text = "Psat(bar)"
myChtObj.Chart.Axes(xlValue).HasMajorGridlines = False
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(1).MarkerSize = 2
myChtObj.Chart.FullSeriesCollection(2).MarkerSize = 2
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).MinimumScale = ActiveSheet.Range("A37")
myChtObj.Chart.Axes(xlCategory).MaximumScale = ActiveSheet.Range("A" & UltLin)
```

```
On Error GoTo 0
```

```
End Sub
```